

ISSN 2079-4827

Міністерство освіти і науки України  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

# **ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

*Тематичний збірник наукових праць*

**№ 2 (41) 2020**

Збірник наукових праць заснований у 1998 році

Виходить двічі на рік

*Журнал внесено до міжнародних наукометричних баз  
та інформаційно-аналітичних систем  
Google Scholar, ResearchBib, Scientific Indexing Services,  
Index Copernicus, CrossRef*

Кривий Ріг  
ДонНУЕТ  
2020

**Редакційна колегія:**

*Головний редактор — В. П. Хорольський*  
*Заступник головного редактора — Р. П. Никифоров*  
*Відповідальний редактор серії — Т. О. Ружинська*  
*Відповідальний секретар серії — А. В. Слащева*

**Редакційна колегія серії:**

*Віннікова Л. Г.*, д-р техн. наук (Одеський національний університет харчових технологій);  
*Гейер Г. В.*, канд. техн. наук, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Гніцевич В. А.*, д-р техн. наук (Київський національний торговельно-економічний університет); *Гринченко О. О.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі); *Дейниченко Г. В.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі); *Михайлов В. М.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі); *Никифоров Р. П.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Омельченко О. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Пивоваров П. П.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі); *Покотило О. С.*, д-р біол. наук (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя); *Погребняк В. Г.*, д-р. техн. наук (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу); *Попова С. Ю.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Прісс О. П.*, д-р техн. наук (Таврійський державний агротехнологічний університет); *Слащева А. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Сімакова О. О.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Хомич Г. П.*, д-р техн. наук (Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»); *Хорольський В. П.*, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського); *Юдіна Т. І.*, д-р техн. наук (Київський національний торговельно-економічний університет); *Возняк Юрій*, канд. фіз.-мат. наук (Центр молекулярних і макромолекулярних досліджень Польської Академії наук); *Хамісабаді Джавад*, канд. наук із промислового менеджменту (Факультет інженерії та менеджменту, Ісламський університет Азада, Тегеран, Іран).

***Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)***  
***(Наказ Міністерства освіти і науки України від 24.09.2020 р. № 1188)***

Журнал зареєстровано в Міністерстві юстиції України.  
Реєстраційний номер КВ № 13181-2065ПР від 25.07.2007 р.

Засновник та видавець Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.

*Журнал підписано до друку вченою радою Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, протокол № 5 від 17.12.2020 р.*

Мова видання: українська та англійська

Усі права захищені.

Передрук і переклади дозволяються лише з відома автора та редакції.

**Адреса видавця та редакції:**

50042, м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.  
тел. (0564) 409-77-97, e-mail: oblalnannya@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

© Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, 2020

ISSN 2079-4827

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Donetsk National University of Economics and Trade  
named after Mykhailo Tuhan-Baranovsky

# **FOOD PRODUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES**

*Thematic collection of scientific works*

**No 2 (41) 2020**

Collection of scientific works published since 1998

Issued 2 times a year

*Journal is indexed in the international scientometrical bases  
and analytics systems*

*Google Scholar, ResearchBib, Scientific Indexing Services,  
Index Copernicus, CrossRef*

Kryvyi Rih  
DonNUET  
2020

**Editorial board:**

*Editor in chief* — **V. P. Khorolskyi**  
*Deputy editor in chief* — **R. P. Nykyforov**  
*Executive editor of series* — **T. O. Ruzhynska**  
*Executive secretary of series* — **A. V. Slashcheva**

**Editorial board of series:**

*Deynichenko G. V.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Gnitsevych V. A.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kyiv National University of Trade and Economics); *Grinchenko O. O.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Heiier H. V.*, Grand PhD in Economy sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Khomych H. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Poltava University of Economics and Trade); *Khorolskyi V. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Mykhailov V. M.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Nykyforov R. P.*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Omelchenko O. V.*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Pogrebnyak V. G.*, Grand PhD in Engineering sciences (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas); *Pokotylo O. S.*, Grand PhD in Biological sciences (Ternopil Ivan Puluj National Technical University); *Popova S. Yu.*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Priss O. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Tavria State Agrotechnological University); *Pyvovarov P. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Slashcheva A. V.*, PhD in Engineering sciences (Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky); *Vinnikova L. G.*, Grand PhD in Engineering sciences (Odessa National Academy of Food Technologies); *Yudina T. I.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kyiv National University of Trade and Economics); *Vozniak Yurii*, PhD in Physico-mathematical sciences (Center for Molecular and Macromolecular Studies, Polish Academy of Sciences), *Khamisabadi Javad*, PhD in industrial management (Faculty of Engineering & Management, Islamic Azad university, Tehran, Iran).

***This publication is entered in the List of Scientific Professional Editions of Ukraine (Category “B”) (Order No. 1188 of Ministry of Education and Science of Ukraine of 24.09.2020)***

Journal was registered at Ministry of Justice of Ukraine. Registration number KB № 13181-2065ПП dated July 25, 2007.

Founder and editor Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih.  
Certificate of Publisher ДК № 4929 dated July 7, 2015.

***Passed for printing under recommendation of Academic Council of Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (transaction No. 5 dated 17.12.2020).***

Language of edition: Ukrainian, English.

***Reprinting and translations are allowed only from the consent of author and editorial board.***

**Address of editor and editorial office:**

13, Kurchatova str., Kryvyi Rih, Ukraine, 50042 and editorial office:  
phone (0564) 409-77-97, e-mail: obladnannya@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

© Donetsk National University of Economics and Trade  
named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, 2020

# СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-5-11

УДК 664.68

*Дейниченко Л. Г., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Філіппова А. Ю., студент-магістр<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Національний університет харчових технологій (м. Київ, Україна), e-mail: deliugri@gmail.com.

## ТЕХНОЛОГІЯ БІСКВІТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЮРЕ ГАРБУЗА ТА БОРОШНА З НАСІННЯ СОНЯШНИКА

UDC 664.68

*Deinychenko L., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor 1*

*Filippova A., Master student 1*

<sup>1</sup> National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, deliugri@gmail.com

## TECHNOLOGY OF SPONGE CAKE WITH PUMPKIN PUREE AND SUNFLOWER SEEDS FLOUR

**Мета.** Метою роботи є розроблення технології бісквіту з використанням пюре гарбуза та борошна з насіння соняшника, визначення харчової й біологічної цінності отриманого продукту. У статті викладено проблему дефіциту вітаміну А в харчуванні людини та перелічено згубні наслідки цієї проблеми для здоров'я людини. Для запобігання розвитку цього захворювання пропонується розробити технології харчових продуктів, популярних серед населення України, із застосуванням інгредієнтів, багатих на ретинол.

**Методи.** Під час роботи було використано методи аналізу й синтезу, порівняння, системного підходу. Загальний хімічний склад отриманого продукту було визначено за стандартними методиками. Інтегральний скор було визначено розрахунковим методом. Розрахунки проводили на 100 г продуктів. Органолептичну оцінку якості продуктів було здійснено методом профільного аналізу. Профілі якості будували за допомогою обчислювальної програми MS Excel.

**Результати.** Для вирішення проблеми за основу та контроль була взята традиційна технологія бісквітного напівфабрикату. Для отримання тіста для нового бісквіта гарбузове пюре збивали з яйцями та цукром, яєчні білки збивали окремо, а потім додавали до маси. Далі додали суміш борошна, поміщали готову суміш у форму для випікання і випікали.

Хімічний склад отриманого продукту визначали за методами, наведеними в діючій нормативній документації України. Визначено, що розроблений бісквіт характеризується збільшенням вмісту білка та вітаміну А. Також було виявлено незначне зменшення вмісту жирів та вуглеводів. Значно збільшився і вміст мінеральних речовин, а саме цинку.

Для визначення ступеню задоволення добової потреби організму в основних харчових речовинах було розраховано інтегральний скор на 100 г розробленого напівфабрикату. Згідно з отриманими даними, розроблений продукт забезпечує добову потребу у вітаміні А на 10,5 %, у цинку та фосфорі — на 20 %, що дозволяє розглядати розроблений напівфабрикат як функціональний. Побудований органолептичний профіль вказує на поліпшення зовнішнього вигляду, кольору та виду на розрізі розробленого продукту порівняно з контролем.

Дані, наведені в роботі, вказують на можливість використання розробленого бісквіт-ного напівфабрикату з метою розширення асортименту продуктів функціонального призначення та збільшення рівня споживання продуктів з високим вмістом ретинолу, що покращить стан здоров'я населення.

**Ключові слова:** дефіцит вітаміну А, бісквіт, гарбузове пюре, борошно з насіння соняшника, біологічна цінність.

Надійшла до редакції 15.09.2020 р.

© Л. Г. Дейниченко, А. Ю. Філіппова, 2020

**Постановка проблеми.** Аналіз стану населення України вказує на незадовільний стан харчування, що призводить до зниження імунного і гуморального захисту людського організму і, як наслідок, до збільшення кількості інфекційних та неінфекційних захворювань, передчасному виснаженню організму, зростанню смертності, гальмуванню фізичного та психічного розвитку молоді, ускладненню виконання організмом репродуктивної функції та народженню потомства з незначною потенціальною тривалістю життя й генетичними вадами.

Значне занепокоєння сьогодні викликає дефіцит у харчуванні вітамінів та мінеральних речовин, зокрема йоду, заліза та вітаміну А [1]. Їх недостатність є суттєвою загрозою здоров'ю та фізичному розвитку населення, в тому числі дітей та вагітних жінок в різних країнах. Так, згідно з даними ВОЗ приблизно 45 % смертей серед дітей пов'язані з проблемами харчування, нестачею мікро-, макроелементів та вітамінів [2].

Збільшити відсоток споживання вітамінів можна шляхом виробництва нових збагачених дефіцитними нутрієнтами харчових продуктів, що будуть популярними серед населення. До таких продуктів відносяться борошняні кондитерські вироби, зокрема вироби з бісквітного тіста, які українці часто вживають разом з гарячими напоями під час ланчів або кава-брейків. Враховуючи, що бісквіти зазвичай містять велику кількість цукру та глютену, доцільним є удосконалення їх технології за рахунок введення сировини, що не тільки збільшить харчову та біологічну цінність розробленого продукту, а й не буде викликати перевантаження підшлункової залози. Саме такою сировиною є гарбуз, що майже на 90 % складається з води і характеризується значним вмістом макро- і мікроелементів, а також містить значну кількість вітаміну А, що вважається дефіцитним у харчовому раціоні сьогодення [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Доцільність використання рослинної сировини для поліпшення якості та біологічної цінності страв і кулінарних виробів на сьогодні доведена значною кількістю наукових досліджень і публікацій. Зокрема, відомо про використання плодоовочевих пюре з яблук, моркви, капусти білоголової, столового та цукрового буряку, брусниці в кількості 7...20 % до маси борошна з метою підвищення піноутворювальної здатності модельних композицій бісквітного тіста, їх стабілізації та зменшення вмісту цукру у готовому продукті на 8...12 % [3–4].

Перспективним видом сировини, що використовується у виробництві борошняних кондитерських виробів, є виноградні вичавки, додавання яких у виді порошків сприяє підвищенню показників якості й уповільненню процесів черствіння бісквітного напівфабрикату [5].

Вченими Ірану та Канади було розроблено технологію бісквіту з додаванням екстракту шкурки гранату. Визначено, що внесення в рецептуру зазначеного компоненту сприяє інгібуванню активності  $\alpha$ -амілази та  $\alpha$ -глюкозидази за рахунок високого вмісту в продукті природних інгібіторів [6].

Серед вітчизняних науковців особливої актуальності набуло використання у харчових технологіях нетрадиційної та лікарської сировини, яка є потужним джерелом багатьох БАР і широко розповсюджена на території всієї України. Так, вченими НУХТ розроблено бісквітний напівфабрикат [7], у технології якого використовується кунжутний шрот. Визначено, що при вживанні 100 г розроблених продуктів добова потреба у ПНЖК і МНЖК покривається на 10–20 %, а добова потреба у Са — на 20 %.

Також відомо про розробку бісквітних виробів функціонального призначення із застосуванням порошків калини, горобини, обліпихи та ожини як біологічно активних добавок для підвищення харчової цінності продукції. Встановлено позитивний вплив плодів порошків на фізико-хімічні (вологість, пористість, кислотність, упікання, коефіцієнт підйому, стискаємість, крихкуватість та намокаємість) і органолептичні показники [8–9].

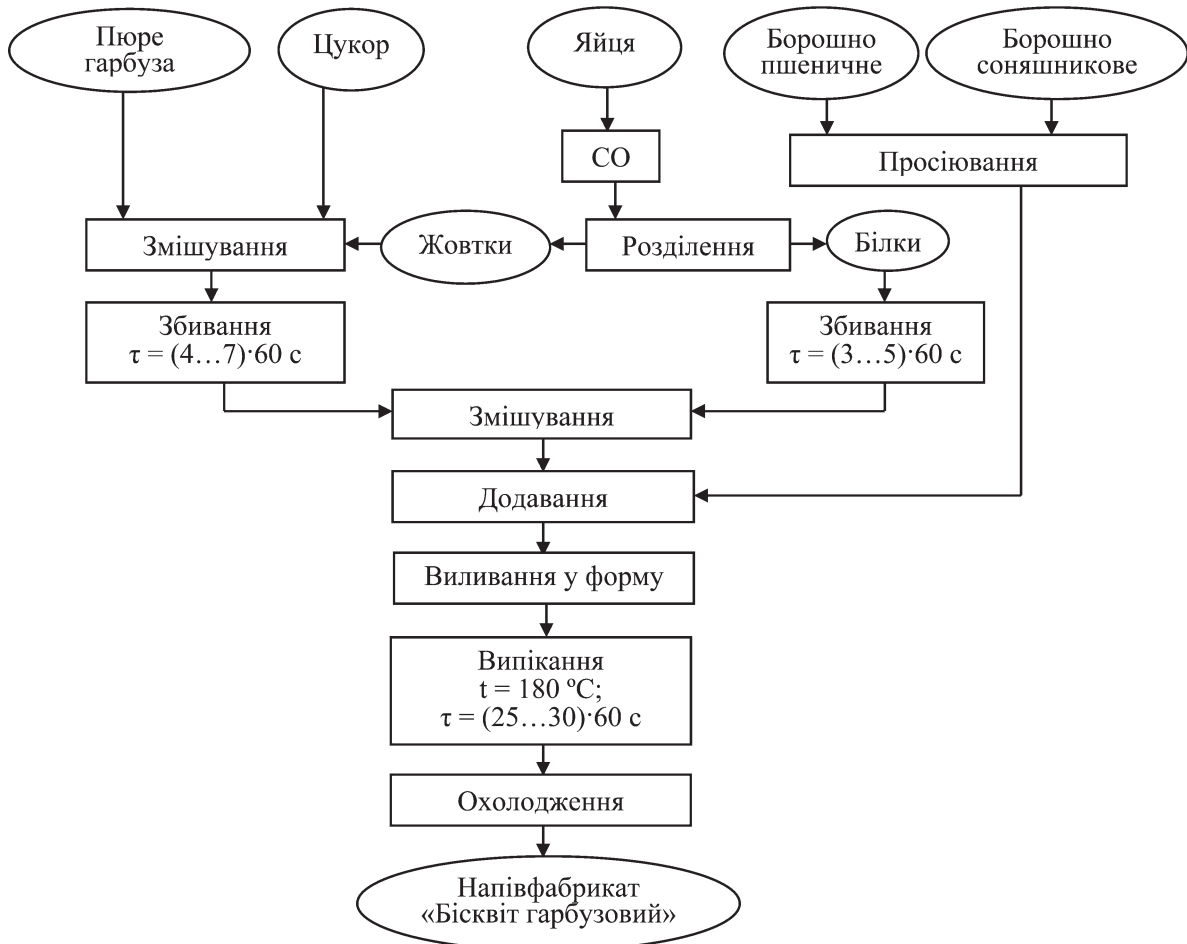
Однак проведені дослідження не були присвячені вирішенню проблеми недостатності ретинолу у харчовому раціоні людини. Тому розробка нового виду бісквіту, що дозволить отримати збагачений вітаміном А продукт і розширити асортимент борошняних

кондитерських виробів, зокрема для закладів ресторанного господарства, є актуальним завданням сьогодення.

Отже, **метою роботи** є розроблення технології бісквіту з використанням пюре гарбуза та борошна з насіння соняшника, визначення харчової та біологічної цінності отриманого продукту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Удосконалення технології бісквітного напівфабрикату проводили внесенням до рецептурного складу пюре гарбуза як сировинного компонента, що має значний вміст вітаміну А. Відомо, що найкраще ретинол засвоюється у поєднанні з вітаміном Е та цинком, тому у рецептурі виробу також було використано борошно з насіння соняшника, що виступає джерелом синергістів вітаміну А.

Для досягнення поставленої мети у якості контролю було взято класичну рецептуру бісквіту [10]. Для отримання тестової маси розробленого виробу пюре гарбуза (10 г) змішують з жовтками яєць та цукром (25 г) і збивають до пишної маси. Окремо збивають білки до утворення стійкої піни та додають їх до утвореної маси. Борошно з насіння соняшника (5 г) змішують з пшеничним борошном (30 г), поступово всипають до отриманої суміші, перемішують, заливають у форму та випікають за температури 180 °С протягом 25–30 хв. Готовий виріб охолоджують. Технологічну схему напівфабрикату «Гарбузовий бісквіт» наведено на рис. 1.



**Рисунок 1** — Технологічна схема напівфабрикату «Бісквіт гарбузовий»

Отримана страва характеризується зміною нутрієнтного складу на 100 г отриманого продукту, що наведено в табл. 1.

Як можна побачити з табл.1, розроблений продукт характеризується підвищенням вмісту білків на 2,2 г, що пояснюється внесеннями до рецептури борошна з насіння соняшника, яке містить у своєму складі значну кількість білків. При цьому вміст жиру і вуглеводів зменшується на 0,9 г та на 4,9 г відповідно через внесення до рецептури гарбузового пюре, що містить значну кількість вологи.

**Таблиця 1** — Порівняльна характеристика хімічного складу бісквітів

Нутрієнт	Контроль	«Бісквіт гарбузовий»
Білки, г	9,4 ± 0,47	11,6 ± 0,58
Жири, г	5,2 ± 0,26	4,3 ± 0,22
Вуглеводи, г	59,1 ± 2,95	54,2 ± 2,71
Мінеральні речовини, мг		
Калій (К)	147 ± 7,35	347 ± 17,35
Кальцій (Са)	56 ± 2,80	81 ± 4,05
Магній (Mg)	12 ± 0,60	26 ± 1,3
Фосфор (P)	214 ± 10,71	241 ± 12,05
Цинк (Zn)	—	2,4 ± 0,12
Сульфур (S)	—	18 ± 0,90
Вітаміни, мг		
Вітамін А	0,27 ± 0,01	2,52 ± 0,13
Вітамін В <sub>6</sub>	0,08 ± 0,01	0,18 ± 0,01
Ен. цінність, ккал	320 ± 16,00	301 ± 15,05

Вітамінний і мінеральний склад розроблених продуктів також зростають порівняно з контролем. Зокрема, вміст К зростає у 2,3 раза, Mg — у 2,2 раза, Са — у 1,4 раза, P — у 1,2 раза. Окремо слід відмітити появу у хімічному складі розробленого продукту значної кількості цинку, необхідного для засвоєння ретинолу. Серед вітамінів ключове значення має підвищення вмісту вітаміну А (у 9,3 раза). Також слід відмітити збільшення вмісту вітаміну В<sub>6</sub> (у 2,2 раза).

Для визначення ступеню задоволення добової потреби організму в основних харчових речовинах було розраховано інтегральний скор на 100 г розробленого напівфабрикату. Ступінь задоволення потреб організму в основних харчових речовинах при споживанні певної кількості виробів наведено в табл. 2.

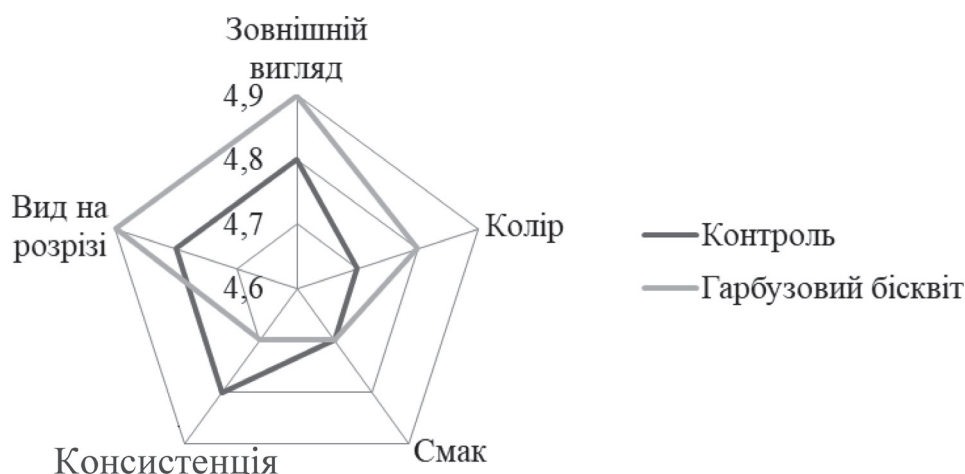
**Таблиця 2** — Ступінь задоволення добової потреби організму в основних харчових речовинах при споживанні бісквітів

Харчові речовини	Добова потреба	Ступінь задоволення, %	
		Контроль	«Гарбузовий бісквіт»
Білки, г	91	10	13
Жири, г	92	6	5
Вуглеводи, г	528	11	10
Мінеральні речовини, мг			
Калій (К)	2500	6	14
Кальцій (Са)	1200	5	7
Магній (Mg)	400	3	6,5
Фосфор (P)	1200	18	20
Цинк (Zn)	12	—	20
Сульфур (S)	1500	—	1,5
Вітаміни, мг			
Вітамін А	24	1	10,5
Вітамін В <sub>6</sub>	1,8	4,5	10

Як можна побачити з табл. 2, ступінь задоволення добової потреби організму в основних харчових речовинах за формулою здорового харчування при споживанні 100 г розробленої страви складає: 13 % — для білкових речовин, 5 % — для жирів, 10 % — для вуглеводів, від 1,5 % до 20 % — для мінеральних речовин та 10–10,5 % — для вітамінів. При цьому слід відмітити, що задоволення добової потреби у вітаміні А перевищує 10 %, а у цинку і фосфорі — сягає 20 %, що дозволяє вважати розроблений напівфабрикат продуктом функціонального призначення.



Органолептичну оцінку розроблених продуктів наведено у вигляді профілограм (рис. 2).



**Рисунок 2** — Органолептичний профіль напівфабрикату «Гарбузовий бісквіт» порівняно з контролем

Як можна побачити на рис. 2, розроблений продукт порівняно з контролем характеризується поліпшенням органолептичних показників, зокрема зовнішнього вигляду, кольору і виду на розрізі.

**Висновки.** Враховуючи наведені дані, можна зробити висновок, що розроблена технологія бісквітного напівфабрикату з використанням гарбузового пюре та борошна з насіння соняшника характеризується поліпшеною харчовою і біологічною цінністю та покращеними органолептичними властивостями. Впровадження розробленої технології у заклади ресторанного господарства та харчову промисловість дозволить розширити асортимент продуктів функціонального призначення й збільшити рівень споживання страв зі значним вмістом ретинолу, що сприятиме підвищенню рівня здоров'я населення.

#### Список літератури

1. Смоляр В. І. Основні тенденції в харчуванні населення України. Інститут екогігієни і токсикології ім. Л. І. Медведя. Київська медична академія післядипломної освіти. *Проблеми харчування*. 2010. Вип. 2. С. 5–9.
2. Chen H.-J., Hsu C.-H., Chiang B.-L. Serum retinol levels and neonatal outcomes in preterm infants. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2017. Vol. 116 (8). pp. 626–633. doi: 10.1016/j.jfma.2017.04.019.
3. Kaiser H. Möglichkeiten zur Bewertung der Qualität von Trockeneiklar durch Verschauungs und Backversuche. *Getreide Mehl Brot*. 2005. Vol. 59 (4). pp. 220–228.
4. De Souza N. C. O., De Oliveira L. L., De Alencar E. R., Moreira G. P., Leandro E. S., Ginania, V. C., Zandonadia R. P. Textural, physical and sensory impacts of the use of green banana puree to replace fat in reduced sugar pound cakes. *LWT*. 2018. Vol. 89. pp. 617–623. doi: 10.1016/j.lwt.2017.11.050.
5. Паронян В. Х., Боголюбская Ю. В. Теоретические основы образования эмульсий и критерии оценки их свойств. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2017. no. 4. С. 20–22.
6. Mirab B., Gavlighi H. A., Sarteshnizi R. A., Azizi M. H., Udenigwe C. C. Production of low glycemic potential sponge cake by pomegranate peel extract (PPE) as natural enriched polyphenol extract: Textural, color and consumer acceptability. *LWT*. 2020. Vol. 134. pp. 109973. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109973.
7. Абрамова А. Г., Рубанка К. В., Писарець О. П. Використання кунжутного шроту в технології бісквітів функціонального призначення. *Продовольчі ресурси : збірник наукових праць*. 2017. № 8. С. 132–137.

8. Мирошник Ю. А., Медвідь І. М., Шидловська О. Б., Доценко В. Ф. Використання порошків калини, горобини та обліпихи в технології бісквітного напівфабрикату. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. №. 46 (1). С. 166–169.

9. Шидловська О. Б., Доценко В. Ф., Медвідь І. М., Противень А. М. Застосування порошку з ягід ожини в технологіях борошняних кондитерських виробів. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. № 12. С. 10–14.

10. Павлов А. В. Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания. СПб : Гидрометеиздат, 1998. 294 с.

### References

1. Smolyar, V. I. (2010). *Osnovni tendentsiyi v kharchuvanni naseleण्या Ukrayiny* [The main trends in the nutrition of the population of Ukraine]. *Problemy kharchuvannia* [Nutrition problems], vol. 2, pp. 5–9.

2. Chen, H.-J., Hsu, C.-H., Chiang, B.-L. (2017). Serum retinol levels and neonatal outcomes in preterm infants. *Journal of the Formosan Medical Association*, vol. 116 (8), pp. 626–633. doi: 10.1016/j.jfma.2017.04.019.

3. Kaiser, H. (2005). Möglichkeiten zur Bewertung der Qualität von Trockeneiklar durch Verschauungs und Backversuche. *Getreide Mehl Brot*, vol. 59 (4), pp. 220–228.

4. De Souza, N. C. O., De Oliveira, L. L., De Alencar, E. R., Moreira, G. P., Leandro, E. S., Ginania, V. C., Zandonadia, R. P. (2018). Textural, physical and sensory impacts of the use of green banana puree to replace fat in reduced sugar pound cakes. *LWT*, vol. 89, pp. 617–623. doi: 10.1016/j.lwt.2017.11.050.

5. Paronyan, V. H., Bogolyubskaya, Y. V. (2017). *Teoreticheskiye osnovy obrazovaniya emulsiy i kriterii otsenki ikh svoystv* [Theoretical bases of emulsion formation and criteria for evaluation of their properties]. *Khraneniye i pererabotka selkhozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], no. 4, pp. 20–22.

6. Mirab, B., Gaviglihi, H. A., Sarteshnizi, R. A., Azizi, M. H., Udenigwe, C. C. (2020). Production of low glycemic potential sponge cake by pomegranate peel extract (PPE) as natural enriched polyphenol extract: Textural, color and consumer acceptability, *LWT*, vol. 134, pp. 109973. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109973.

7. Abramova, A. G., Rubanka, K. V., Pisarets, O. P. (2017). *Vykorystannya kunzhutnoho shrotu v tekhnolohiyi biskvityv funktsionalnoho pryznachennya* [The use of sesame meal in the technology of functional biscuits]. *Prodovolchi resursy* [Food resources], no. 8, pp. 132–137.

8. Myroshnyk, Y. A., Medvid, I. M., Shidlovska, O. B., Dotsenko, V. F. (2014). *Vykorystannya poroshkiv kalyny, horobyny ta oblipykhy v tekhnolohiyi biskvitnoho napivfabrykatu* [The use of viburnum, rowan and sea buckthorn powders in the technology of biscuit semi-finished products], *Naukovi pratsi ONAKHT* [Scientific works of ONAKHT], no. 46 (1), pp. 166–169.

9. Shidlovska, O. B., Dotsenko, V. F., Medvid, I. M., Protiven, A. M. (2015). *Zastosuvannya poroshku z yahid ozhyny v tekhnolohiyakh boroshnyanykh kondyterskykh vyrobiv* [Application of blackberry berry powder in flour confectionery technologies]. *Khlibopekarska i kondyterska promyslovisht Ukrayiny* [Bakery and confectionery industry of Ukraine], no. 12, pp. 10–14.

10. Pavlov, A. (1998). *Sbornik retseptur muchnykh konditerskikh i bulochnykh izdeliy dlya predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya* [Collection of recipes for flour confectionery and bakery products for catering]. St. Petersburg, Hydrometeoyzdat Publ., 294 p.

**Objective.** *The purpose of the article is to develop the technology of sponge cake made using pumpkin puree and sunflower seed flour, and determine the nutritional and biological value of the product. The article outlines the problem of vitamin A deficiency in the human's diet and lists the disastrous consequences of this problem for human health. To prevent the development of this disease it is suggested to develop the technologies of foods popular among the population of Ukraine with the use of the retinol-rich recipe components.*

**Methods.** *During the work, the methods of analysis and synthesis, comparison, and system approach were used. The general chemical composition of the obtained product was determined by stan-*

dard methods. The integral score was determined by the calculation method. Calculations were made on the products weight of 100g. Organoleptic evaluation of product was performed by the profile analysis method. Quality profiles were built using the MS Excel computing program.

**Results.** To solve the problem, traditional sponge cake technology was taken as basis and control. To obtain the dough for the new sponge cake, the pumpkin puree was whipped with eggs and sugar. Egg whites were whipped separately, and then added to the mass. Next the mix of flours was added. The mixture was put into the baking form, and baked.

The chemical composition of the obtained product was determined according to the methods given in the current normative documentation of Ukraine. It is determined that the developed sponge cake is characterized by an increase in protein and vitamin A content. An insignificant reduction in the content of fats and carbohydrates was also detected. The content of mineral substances, namely zinc, significantly increased as well.

An analysis of the integral score of the product was made for 100 g of the sponge cake. According to the obtained data, the developed product provides a daily need for vitamin A by 10,5 %, for zinc and phosphorus — by 20 %, which allows to consider the developed semi-finished product as a functional one. The constructed organoleptic profile indicated improving of improved appearance, color and portioning view of the developed product in comparison with control.

The data presented in the article indicate the possibility of the developed sponge cake using to expand the range of functional products and increase the level of consumption of foods with a high content of retinol, which will improve the health of the population.

**Keywords:** vitamin A deficiency, sponge cake, pumpkin puree, sunflower seed flour, biological value.

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-12-18

УДК 664.64: [664.683:634.38](045)

*Горайнова Ю. А., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>**Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>**Кучма А. Ю., студентка<sup>1</sup>**Мороз В. О., студентка<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: Goryaynova@donnuet.edu.ua

### ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБІВ ІЗ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШОВКОВИЦІ

UDK 664.64: [664.683:634.38](045)

*Goriainova Yu. A., PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>**Simakova O. O., PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>**Kuchma A. Yu., Student<sup>1</sup>**Moroz V. O., Student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: Goryaynova@donnuet.edu.ua

### TECHNOLOGY OF WHEAT FLOUR PRODUCTS FOR MEDICAL AND PREVENTIVE PURPOSES WITH THE USE OF MULLET

**Мета.** Мета статті — вивчення впливу добавки шовковиці різних регіонів України на деякі властивості пшеничного борошна як основного рецептурного компонента борошняних виробів.

**Методи.** Визначення числа падіння пшеничного борошна в присутності добавки шовковиці проводили за допомогою приладу ПЧП-7 згідно з ГОСТ 27676-88 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения». Визначення кількості та якості сирової клейковини пшеничного борошна в присутності шовковиці — на вимірювачі деформації клейковини — ІДК-3 міні «ПЛАУН-системи» згідно з ГОСТ 27839-88 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины». Білість пшеничного борошна в присутності добавки шовковиці визначали на приладі ВББ-ІМК.

**Результати.** Експериментально доведено можливість використання добавки шовковиці у борошняних виробках. Встановлено, що деякі добавки чорної та білої шовковиці Дніпровського й Запорізького регіонів зменшують число падіння від 5 до 19 % порівняно з контрольним зразком (пшеничне борошно вищого ґатунку без добавок). Це свідчить про збільшення автолітичної активності композиційної суміші, а деякі практично не впливають на число падіння пшеничного борошна та не псують його хлібопекарські властивості (різниця в межах похибки експерименту). Число падіння всіх композиційних сумішей знаходиться в інтервалі від 263 до 325, що відповідає нормативним показникам ГСТУ 46.044-99 (не менше 160 с). Аналіз результатів показує, що добавки шовковиці практично не впливають на кількість сирової клейковини (залишається в межах норми не менше 24 %), яка трохи зростає. Всі добавки шовковиці різною мірою впливають на якість клейковини — пружність зменшується від 13 % до 72 %.

За кольором клейковина з додаванням шовковиці у всіх зразках змінюється, стає темніше. При цьому всі зразки мають хорошу еластичність. Добавки шовковиці зменшують білість пшеничного борошна вищого ґатунку від 5 до 38 %, надають йому темного кольору, що дозволяє припустити використання цих сумішей у виробках із житнього борошна, замінюючи частину його в рецептурах. Розроблено технологічну схему виготовлення печива «Ягідне» з добавками шовковиці.

**Ключові слова:** чорна та біла шовковиця, пшеничне борошно, число падіння, сира клейковина, пружність, білість борошна.

Надійшла до редакції 17.09.2020 р.

© Ю. А. Горайнова, О. О. Сімакова, А. Ю. Кучма,  
В. О. Мороз, 2020

**Постановка проблеми.** Останнім часом створено чимало продуктів з використанням різних харчових добавок, що покращують їх якість, біологічну, харчову та споживчу цінність. Особливого значення у цьому напрямку набувають порошки з плодів рослин — це концентрат плодової м'якоті, що вміщує велику кількість біологічно активних речовин. Перевагою порошків є їх гарна відновлюваність під час додавання води, зручність змішування з іншими рецептурними компонентами, низький вміст вологи, що сповільнює мікробіологічні процеси у їх масі, порошки легко транспортуються та зберігаються у герметичній тарі досить тривалий час. Це робить їх дуже технологічними для збагачення різноманітних кулінарних виробів вітамінами, органічними кислотами, антиоксидантами, пектинами з метою надання їм особливих функціональних властивостей.

При цьому перевага віддається речовинам саме природного походження, що вміщуються, зокрема, в рослинній сировині та не спричиняють побічної дії на організм людини. Тому досить перспективним є використання плодів дикорослих, що широко розповсюджені в різних регіонах та мають цінний хімічний склад. Також введення до традиційних рецептур харчових продуктів добавок, що отримані з дикорослої сировини, дозволяє не тільки повною мірою використати цінний хімічний склад рослин, а ще й отримати дешеву доступну сировину і таким чином поширити сировинну базу щодо галузі технології харчування.

Комплексна переробка рослинної сировини — проблема завжди актуальна, тому що саме ця сировина збагачує мінеральний, вітамінний склад продуктів харчування, покращує їх органолептичні властивості.

Серед харчових продуктів, які можна збагачувати фітопорошками, велику групу становлять борошняні кондитерські вироби.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З кожним роком все більше з'являється публікацій стосовно розробки нових технологій борошняних кондитерських виробів функціонального профілю. Пошуки ведуться у різних напрямках, у кожному з яких є свої досягнення і кожний з яких має свої недоліки та переваги. З цих напрямків найбільш перспективним зараз вважається комплексне використання нетрадиційної сировини — різноманітних продуктів, переважно рослинного походження з повноцінним хімічним складом, що вміщують біологічно активні речовини. Розглянемо основні напрямки цих досліджень, які проводяться вченими України.

Так, в Харківському державному університеті харчування та торгівлі працюють над питанням використання нетрадиційної рослинної сировини у технології крекерів, а саме порошку лікарських рослин: трав солодки, деревію та звіробою, науково обґрунтовано концентрації лікарської рослинної сировини для виробництва крекерів, встановлено кількісні зміни фізіологічно-функціональних інгредієнтів у крекерів з додаванням настоїв цих рослин, доведено доцільність використання цієї рослинної сировини для надання крекерам функціональних властивостей [1].

Кафедра готельно-ресторанного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв вивчає можливість використання морквяного пюре та олії з насіння гарбуза в приготуванні борошняних кондитерських виробів [2]. Науковцями розроблено технологію виробництва таких виробів, досліджено їх поживну цінність та розроблено нормативну документацію на борошняні кондитерські вироби. Встановлено, що введення в технологію приготування борошняних кондитерських виробів морквяного пюре та олії з насіння гарбуза покращує поживну цінність виробів.

Кафедра товарознавства та експертизи якості товарів Харківського торговельно-економічного інституту Київського національного торговельно-економічного університету проводить наукові дослідження щодо використання суміші харчових волокон та шроту з насіння гарбуза в технології виробництва борошняних кондитерських виробів для розширення асортименту кондитерських виробів підвищеної біологічної цінності й виробів зі зниженим рівнем калорійності [3]. Вчені довели, що додавання до складу печива суміші харчових волокон та шроту з насіння гарбуза позитивно вплинуло на хімічний склад готового виробу, наситило його корисними і необхідними людському організму мінеральними елементами, вітамінами, харчовими волокнами.

Впливу рослинних добавок на показники якості пряників присвячені наукові пошуки викладачів кафедри технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету [4]. Вони обґрунтовують доцільність використання кедрового шроту, кунжутного борошна, фітопорошку з гірчака зміїного у технологіях пряників. У готових виробках з добавками були визначені вологість, лужність, залежність граничного напруження зсуву і залежність намокання пряників від вмісту рослинних добавок, проведена сенсорна оцінка органолептичних показників готових виробів.

Деякі рослинні добавки володіють антиоксидантними властивостями, тому їх додавання покращує якість харчових жирів у борошняних кондитерських виробках. Наприклад, професор Львівського торговельно-економічного університету Т. М. Лозова разом з іншими викладачами займається питаннями антиоксидантної активності таких добавок: корінь солодки, корінь імбиру, листя шавлії, листя смородини, листя малини, корінь алтею, плоди глоду. Ними експериментально доведено, що ці добавки у вигляді екстрактів мають антиоксидантні та антимікробні властивості завдяки своєму хімічному складу і концентрації активних речовин [5].

У Донецькому національному університеті економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського кафедрою технологій в ресторанному господарстві, готельно-ресторанної справи та підприємництва ведуться дослідження стосовно використання в технології борошняних кондитерських виробів добавок амаранту багряного, чорноплідної горобини, пивної дробини [6; 7; 8]. Доведено, що ці добавки позитивно впливають на хлібопекарські властивості пшеничного борошна та на якість жиру в цих продуктах, покращують мінеральний склад готових виробів.

Отже, проблема підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів та зниження їх калорійності, подовження термінів зберігання залишається актуальною і вирішується в багатьох напрямках, серед яких особливо перспективним виглядає використання різноманітних рослинних добавок.

**Мета статті** — дослідження впливу добавки шовковиці Дніпропетровської та Запорізької областей на число падіння, кількість та якість клейковини, білість пшеничного борошна вищого ґатунку, розробка рецептури та технології пісочного печива з добавками шовковиці.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Одним з видів рослинної сировини, який, на наш погляд, можна використовувати в продуктах з заданими властивостями, є плоди шовковиці різних сортів та регіонів України. Ця рослина широко розповсюджена в Росії, Беларусі, на Кавказі, Далекому Сході, а також в Україні. З лікувальною метою використовують плоди, листя та кору шовковиці. Саме плоди її багаті на вітаміни В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub>, С, РР, каротин, флавоноїди, органічні кислоти (лимонна, бурштинова, яблучна), пектинові, дубильні, зольні речовини, вуглеводи, деякі макро- та мікроелементи. Лікувальні ж властивості шовковиці взагалі важко переоцінити: вона позитивно впливає на роботу травних органів, на процес кровотворення, лікує гіпертонію, серцеву недостатність, сприяє профілактиці рахіту, рекомендована хворим на цукровий діабет тощо.

Об'єкт досліджень — біла та чорна шовковиця різних регіонів (Дніпропетровська та Запорізька області). Для використання її як харчової добавки зі свіжої та висушеної шовковиці кожного сорту було отримано порошок.

Наша наукова робота є продовженням багаторічних досліджень щодо використання шовковиці як харчової добавки саме до борошняних кондитерських виробів. Раніше було встановлено: її хімічний та мінеральний склад (вміст вологи, мінеральних речовин, простих та складних вуглеводів, аскорбінової кислоти, каротину, клітковини, іонів деяких важливих металів); її вплив на антиоксидантні властивості різних жирів за різних умов; вивчено вплив добавок шовковиці (білої та чорної) при їх сумісному додаванні до жирів; визначена оптимальна концентрація добавки шовковиці до пшеничного борошна (1,5 % від маси борошна); лужність готових виробів з добавками шовковиці; проведено визначення ферментативної активності порошоків з плодів шовковиці; дослідження показників якості борошняних кондитерських виробів з рослинними добавками тощо.

Отримані раніше дані дозволяють зробити висновок про можливість використання шовковиці білої та чорної різних регіонів України як харчової добавки у виробництві продуктів із заданими властивостями, а саме продуктів лікувально-профілактичного призначення.

Дослідження впливу добавки шовковиці на стан вуглеводно-амілазного комплексу пшеничного борошна здійснювали за числом падіння.

Нами було встановлено число падіння пшеничного борошна на приладі ПЧП-7 в присутності 1,5 % (від маси пшеничного борошна) добавок шовковиці. У цій серії експериментів використовували пшеничне борошно вищого гатунку «Розумний вибір», що вироблено згідно з ГСТУ 46.044-99, виробник — ТОВ «Дніпровський комбінат № 11», клейковина якого характеризувалася як задовільна, міцна, II групи якості. Як добавки використовували такі:

- добавка білої шовковиці, Запорізька область, рік урожаю 2018 (зразок БШ 1);
- добавка білої шовковиці, Дніпропетровська область, рік урожаю 2018 (зразок БШ 2);
- добавка білої шовковиці, Дніпропетровська область, рік урожаю 2019 (зразок БШ 3);
- добавка чорної шовковиці, Запорізька область, рік урожаю 2018 (зразок ЧШ 1);
- добавка чорної шовковиці, Дніпропетровська область, рік урожаю 2019 (зразок ЧШ 2).

За методикою (ГОСТ 27676-88 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения») число падіння визначається в наважці борошна від 6,6 г до 7,05 г залежно від його вологості. За допомогою сушильної шафи СЕШ-3МК було визначено вологість пшеничного борошна вищого гатунку «Розумний вибір», яка склала 12,4 %. Тому його наважка для визначення числа падіння становила 6,75 г. У зразках з добавками шовковиці кількість борошна зменшувалася на 1,5 % і становила 6,65 г. Дані експерименту наведені в табл. 1.

**Таблиця 1** — Число падіння пшеничного борошна з добавками шовковиці

№	Зразок	Число падіння, с
1	Пшеничне борошно без добавок (контроль)	324±15
2	Пшеничне борошно + БШ 1	263±12
3	Пшеничне борошно + БШ 2	308±14
4	Пшеничне борошно + БШ 3	325±15
5	Пшеничне борошно + ЧШ 1	277±12
6	Пшеничне борошно + ЧШ 2	323±15

Встановлено, що деякі добавки чорної та білої шовковиці Дніпровського та Запорізького регіонів (а саме зразки 2, 3, 5) зменшують число падіння від 5 до 19 % порівняно з контрольним зразком (пшеничне борошно вищого гатунку без добавок). Це свідчить про збільшення автолітичної активності композиційної суміші. Добавки БШ 3 та ЧШ 2 практично не впливають на число падіння пшеничного борошна та не псують його хлібопекарські властивості (різниця в межах похибки експерименту). Число падіння всіх композиційних сумішей знаходиться в інтервалі від 263 до 325, що відповідає нормативним показникам ГСТУ 46.044-99 (не менше 160 с).

Наступним кроком наших досліджень було вивчення впливу добавок шовковиці Дніпропетровської та Запорізької областей на кількість та якість сирої клейковини.

З використанням добавок замішували зразки тіста за допомогою тістомішалки ТЛ1-75 та визначали кількість сирої клейковини, пружні властивості клейковини на вимірювачі деформації клейковини — ІДК-3 міні «ПЛАУН-системи» згідно з ГОСТ 27839-88 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины». Результати вивчення впливу добавок шовковиці на кількісні та якісні властивості клейковини наведені в табл. 2.

Аналіз результатів показує, що добавки шовковиці практично не впливають на кількість сирої клейковини (залишається в межах норми — не менше 24 %), яка трохи зростає.

Можна припустити, що це відбувається, більшою мірою, за рахунок того, що вага частинок добавки більше, ніж вага частинок борошна.

Усі добавки шовковиці різною мірою впливають на якість клейковини: пружність зменшується від 13 % (зразок 3) до 72 % (зразок 2).

За кольором клейковина з додаванням шовковиці у всіх зразках змінюється порівняно з контролем, стає темніше. При цьому всі зразки мають хорошу еластичність. За якістю зразки клейковини 2, 4, 5, 6 характеризуються, як добрі.

Викликає інтерес дослідити, як впливає добавка 1,5 % шовковиці до пшеничного борошна на його білість, яку визначали на приладі ВББ-1МК. Отримані результати наведені в табл. 3.

**Таблиця 3** — Показники білості пшеничного борошна з добавками шовковиці

№	Зразок	Показники білості на ВББ-1МК, од. приладу	Висновок
1	Пшеничне борошно без добавок (контроль)	56,1±3,3	Вищий гатунок
2	Пшеничне борошно + БШ 1	50,3±2,7	Перший гатунок
3	Пшеничне борошно + БШ 2	43,1±1,8	Перший гатунок
4	Пшеничне борошно + БШ 3	44,6±1,8	Перший гатунок
5	Пшеничне борошно + ЧШ 1	53,4±2,8	Перший гатунок
6	Пшеничне борошно + ЧШ 2	35,2±1,4	Другий гатунок

Добавки шовковиці зменшують білість від 5 до 38 %, надають темного кольору борошну, що дозволяє припустити використання цих сумішей у виробі із житнього борошна, замінюючи частину його в рецептурах.

Для розробки рецептури та технології пісочного печива з добавками шовковиці нами була обрана звичайна рецептура пісочного тіста [9]. При вивченні впливу добавок шовковиці на властивості тістового напівфабрикату певна частина борошна замінювалася на добавки у вигляді порошку в кількості 1,5 % від маси борошна. Печиво «Ягідне» за розробленою рецептурою має рівну поверхню, рівномірне злегка коричнево-золотаве забарвлення, товщину 8 мм.

**Висновки.** Встановлено, що добавка шовковиці Дніпропетровської та Запорізької областей в кількості 1,5 % від маси пшеничного борошна не погіршує його хлібопекарських властивостей. Експериментальні дані підтверджують можливість використання шовковиці в технології хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення. Розроблено технологічну схему виготовлення печива «Ягідне» з добавками шовковиці.

#### Список літератури

1. Черевична Н. І., Скирда О. Є., Симоненко В. І. Розробка нових видів крекерів з нетрадиційною рослинною сировиною. *Молодий вчений*. 2017. № 2 (42). С. 220–224.
2. Завадинська О. Ю. Технологія борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення. *Траектория науки. Производство и технологии*. 2016. № 4 (9). С. 3.1–3.5. ISSN 2413-9009.
3. Бачинська Я. Використання нетрадиційної сировини при виробництві борошняних кондитерських виробів як прогресивний напрямок створення продуктів підвищеної біологічної цінності. *Траектория науки. Производство и технологии*. 2017. Т. 3, № 2. С. 7.1–7.10. doi: 10.22178/pos.19-11.
4. Кравченко М. Ф., Ярошенко Н. Ю. Дослідження впливу вмісту рослинних добавок на показники якості пряників. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2017. № 5/11 (89). С. 45–54. doi:10.15587/1729-4061.2017.110168.
5. Лозова Т. М., Ковальчук Х. І. Дослідження антиоксидантної активності природних добавок. *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товаровознавча*. 2009. Вип. 11. С. 6–9.



6. Simakova O., Korenets Yu., Yudina T., Nazarenko I., Goriainova Yu. Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2, iss. 11 (92), pp. 57–64. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127173.

7. Korenets Y., Goriainova I., Nykyforov R., Nazarenko I., Simakova O. *Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 2, iss. 10 (86), pp. 25–31. doi: 10.15587/1729-4061.2017.98409.

8. Назаренко І. А., Горайнова Ю. А., Боднарчук О. А., Світлична О. О. Дослідження якості бубликів ванільних із використанням борошна з пивної дробини. *Праці ТДТАУ*. 2020. Вип. 20. Т. 2. С. 175–185. doi: 10.31388/2078-0877-20-2-175-185.

9. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна с заданими властивостями. *Кривий Ріг : ДонНУЕТ*, 2018. 146 с.

### References

1. Cherevychna, N. I. Skyrda, O. Ye., Symonenko, V. I. (2017). *Rozrobka novykh vydiv krekeriv z netradytsiinoiu roslynnoiu syrovynoiu* [Development of new types of crackers with non-traditional vegetable raw materials]. *Molodyi vchenyi* [Young scientist], no. 2 (42), pp. 220–224.

2. Zavadynska, O. Yu. (2016). *Tekhnolohiia boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv ozdorovchoho pryznachennia* [Flour confectionery technology for health purposes]. *Traektoriya nauky* [Science Trajectory], no. 4 (9), pp. 3.1–3.5. Available at : <http://www.pathofscience.org>.

3. Bachynska, Ya. (2017). *Vykorystannia netradytsiinoi syrovyny pry vyrobnytstvi boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv yak prohresyvnyi napriamok stvorennia produktiv pidvyshchenoi biologichnoi tsinnosti* [The use of unconventional raw materials in the production of flour confectionery as a progressive direction of creation of products of high biological value]. *Traektoriya nauky* [Science Trajectory], vol. 3, 2, pp. 7.1–7.10. Available at : <http://www.pathofscience.org>.

4. Kravchenko, M. F., Yaroshenko, N. Yu. (2017). *Doslidzhennia vplyvu vmistu roslynnykh dobavok na pokaznyky yakosti prianykiv* [Study of the influence of the content of plant supplements on the quality of gingerbread]. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnalпередовykh tekhnolohii* [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies], no. 5/11 (89), pp. 45–54. doi: 10.15587/1729-4061.2017.110168.

5. Lozova, T. M., Kovalchuk, Kh. I. (2009). *Doslidzhennia antyoksydantnoi aktyvnosti pryrodnykh dobavok* [Research of antioxidant activity of natural additives]. *Visnyk Lvivskoi komertsiiinoi akademii. Seriiia tovaroznavcha* [Bulletin of the Lviv Commercial Academy. Series Commodity Studies], vol. 11, pp. 6–9.

6. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Ye. Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, iss. 11 (92), pp. 57–64. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127173.

7. Korenets, Y., Goriainova, I., Nykyforov, R., Nazarenko, I., Simakova, O. (2017). *Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough*. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, iss. 10 (86), pp. 25–31. doi: 10.15587/1729-4061.2017.98409.

8. Nazarenko, I. A., Goriainova, I. A., Bodnaruk, O. A., Svitlychna, O. O. (2020). *Doslidzhennia yakosti bublykiv vanilnykh iz vykorystanniam boroshna z pyvnoi drobyny* [Research of quality of vanilla bagels with use of flour from beer pellets]. *Pratsi TDTAU* [Works of TDTAU], vol. 2, issue 20, pp. 175–185. doi: 10.31388/2078-0877-20-2-175-185.

9. Simakova, O. O., Nykyforov, R. P. (2018). *Rozrobka novitnikh tekhnolohii vyrobiv z boroshna s zadanymy vlastyvostiamy* [Development of the newest technologies of products from flour with the set properties]. *Kryvyi Rih, DonNUET Publ.*, 146 p.

**Objective** is to study of the influence of mulberry additives from different regions of Ukraine on some properties of wheat flour as the main recipe component of flour products.

**Methods.** Determination of the number of drops of wheat flour in the presence of mulberry additive was performed using the device PPP-7 in accordance with GOST 27676-88 "Grain and products of its processing. The determination method of falling-number". Determination of the quantity and quality of raw gluten of wheat flour in the presence of mulberry — on the meter of deformation of gluten — IDK-3 mini "PLOW-systems» according to GOST 27839-88 «Wheat flour. Methods for determination of quantity and quality of gluten". The whiteness of wheat flour in the presence of mulberry additive was determined on the device VBB-1MK.

**Results.** The possibility of using mulberry additive in flour products has been experimentally proved. It was found that some additives of black and white mulberry of Dnipro and Zaporizhia regions reduce the number of drops from 5 to 19 % compared to the control sample (wheat flour of the highest grade without additives). This indicates an increase in the autolytic activity of the composite mixture, and some have little effect on the number of drops of wheat flour and do not spoil its baking properties (the difference within the error of the experiment). The number of drops of all composite mixtures is in the range from 263 to 325, which corresponds to the normative indicators of GSTU 46.044-99 (not less than 160 s). Analysis of the results shows that mulberry supplements have little effect on the amount of crude gluten (remains within the norm, at least 24 %), which increases slightly. All mulberry additives affect the quality of gluten to varying degrees — elasticity decreases from 13 % to 72 %.

The color of gluten changes with the addition of mulberry in all samples. It becomes darker. All samples have good elasticity. Mulberry additives reduce the whiteness of high-grade wheat flour from 5 to 38 %, give it a dark color, which suggests the use of these mixtures in rye flour products, replacing part of it in recipes.

The technological scheme of making "Berry" cookies with mulberry additives has been developed.

**Key words:** black and white mulberry, wheat flour, number of drops, raw gluten, elasticity, whiteness of flour.

*Попова С. Ю., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>**Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>**Пусікова О. А., асистент<sup>1</sup>**Пшиннік В. О., студент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: popova@donnuet.edu.ua

### СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У РЕСТОРАННОМУ ГОСПОДАРСТВІ

UDC 664.83.047.8

*Popova S. Yu., PhD in Technical sciences,**Associate Professor<sup>1</sup>**Slashcheva A. V., PhD in Technical sciences,**Associate Professor<sup>1</sup>**Pusikova O. A., Assistant Professor<sup>1</sup>**Pshynnik V. O., Student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: popova@donnuet.edu.ua

### MODERN TENDENCIES OF THE USE OF PLANT RAW MATERIALS PRODUCTS IN RESTAURANT ECONOMY

**Мета.** Мета статті — наукове обґрунтування й розроблення прискореної технології дріжджового напівфабрикату з використанням вторинних продуктів переробки картоплі.

**Методи.** У дослідженнях використовували суху картопляну добавку, отриману із вторинних продуктів переробки картоплі. Продукти доочистки картоплі обробляли 2,5 % розчином лимонної кислоти при гідромодулі 1:3 [1], подрібнювали на вовчку ( $\omega = 180\text{--}200\text{ c}^{-1}$ ) та заморожували при температурі  $-40^\circ\text{C}$  впродовж  $90 \cdot 60\text{ c}$  [2], заморожені пластини діаметром 0,5 мм подавали на транспортерну лінію радіаційної сушарки та висушували до вологовмісту 12 %.

Для визначення зміни вологовмісту СКД з інтервалом у одну хвилину пластини з продуктом зважувалися на аналітичних електронних терезах SNUG II-300 з точністю 0,01 г. Кожен дослід проводився до припинення зміни маси пластини з продуктом за методом висушування до постійної маси. При цьому бюкси з подрібненим продуктом досушувались у сушильній шафі СНОЛ 3,5.3,5.3,5/3,5 И2, що обладнана автоматичним регулятором температури, при її значенні  $130 \pm 2^\circ\text{C}$ . Усі дослідні проводили тричі, результати усереднювалися [3].

Спектральний аналіз крохмальних полісахаридів проводили за допомогою спектрометра PGS-2 (Carl Zeiss). Дослідження фракційного складу цукрів ВППК проводили спектрополяриметричним методом [6].

**Результати.** У статті науково обґрунтовано та розроблено прискорену технологію дріжджового напівфабрикату з використанням вторинних продуктів переробки картоплі. Досліджено фракційний склад вторинної картопляної сировини після заморозки. Запропоновано раціональний режим і тривалість низькотемпературної обробки вторинних продуктів переробки картоплі. Розроблено оптимальний спосіб і режим сушіння картопляного пюре. Описано прискорений спосіб отримання дріжджового тіста з використанням сухої картопляної добавки.

**Ключові слова:** хлібобулочні вироби, дріжджовий напівфабрикат, прискорена технологія, вторинні продукти переробки картоплі, суха картопляна добавка, низькотемпературна обробка, радіаційна сушка.

**Постановка проблеми.** Аналіз ринку продовольчих товарів у сучасній Україні показує те, що кожного року спостерігається пониження якості продукції через широке розповсюдження використаних хімічних поліпшувачів та консервантів на виробництві.

Надійшла до редакції 20.10.2020 р.

© С. Ю. Попова, А. В. Слащева, О. А. Пусікова, В. О. Пшиннік, 2020

Беручи до уваги те, що хлібобулочні вироби є одним з основних продуктів харчування в Україні, а їх якість не завжди відповідає вимогам, які до них висуваються, саме тому виникла необхідність створити нові технології виробів з дріжджового тіста високої якості та безпеки.

Відомо, що на підприємствах хлібобулочної промисловості процес виготовлення тіста є досить довгим, і це призводить до значної витрати часу. Саме тому пропозиції створення прискорених технологій можуть дозволити скоротити час на виробництво виробів з дріжджового тіста. Проблема створення прискорених технологій займає досить гостру позицію у процесі створення технологій ресурсозберігання України.

Це обумовлює актуальність цього питання у створенні принципово новітніх прискорених технологій виробництва виробів з дріжджового тіста, використовуючи натуральну сировину.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналізуючи літературні джерела, можна зрозуміти, що останніми роками широкого розповсюдження отримала розробка саме прискорених технологій у виробництві хлібобулочних виробів за рахунок додавання додаткових нових інгредієнтів або певних додаткових операцій. Першим і найбільш відомим напрямком у цьому є пошук природних, натуральних замінників цукру [4], а саме, отриманих із крохмалю, через те, що потреба у виробництві цукристих речовин дуже швидко збільшується, відносно його виробництва, що у майбутньому призведе до дефіциту та кардинальних підвищень цін на наш цукор.

Розвиток саме цього спрямування обумовлено тим, що ця прискорена технологія допомагає налагодити випікання цієї продукції в широкому асортименті навіть на невеликих підприємствах. Вказаний спосіб є доволі актуальним через те, що сучасне виробництво хлібобулочних виробів спрямоване в основному на забезпечення продуктами невеликих пекарень, супермаркетів, кондитерських, булочних тощо. Ця технологія також дає можливість оперативно реагувати на виставлені вимоги ринку для задоволення населення свіжими хлібобулочними виробами, контролювати їхню якість та безпеку цих виробів на різних стадіях приготування напівфабрикатів, дає можливість створювати нові пекарні з обмеженим технологічним циклом [7].

Через це актуальним є майбутній розвиток наукових досліджень для розробки прискореної технології виробів з дріжджового тіста з використанням рослинної сировини (вторинної) [5], маючи на меті поліпшення якості хлібобулочної продукції та раціональне її використання у промисловому виробленні вторинних продуктів переробки.

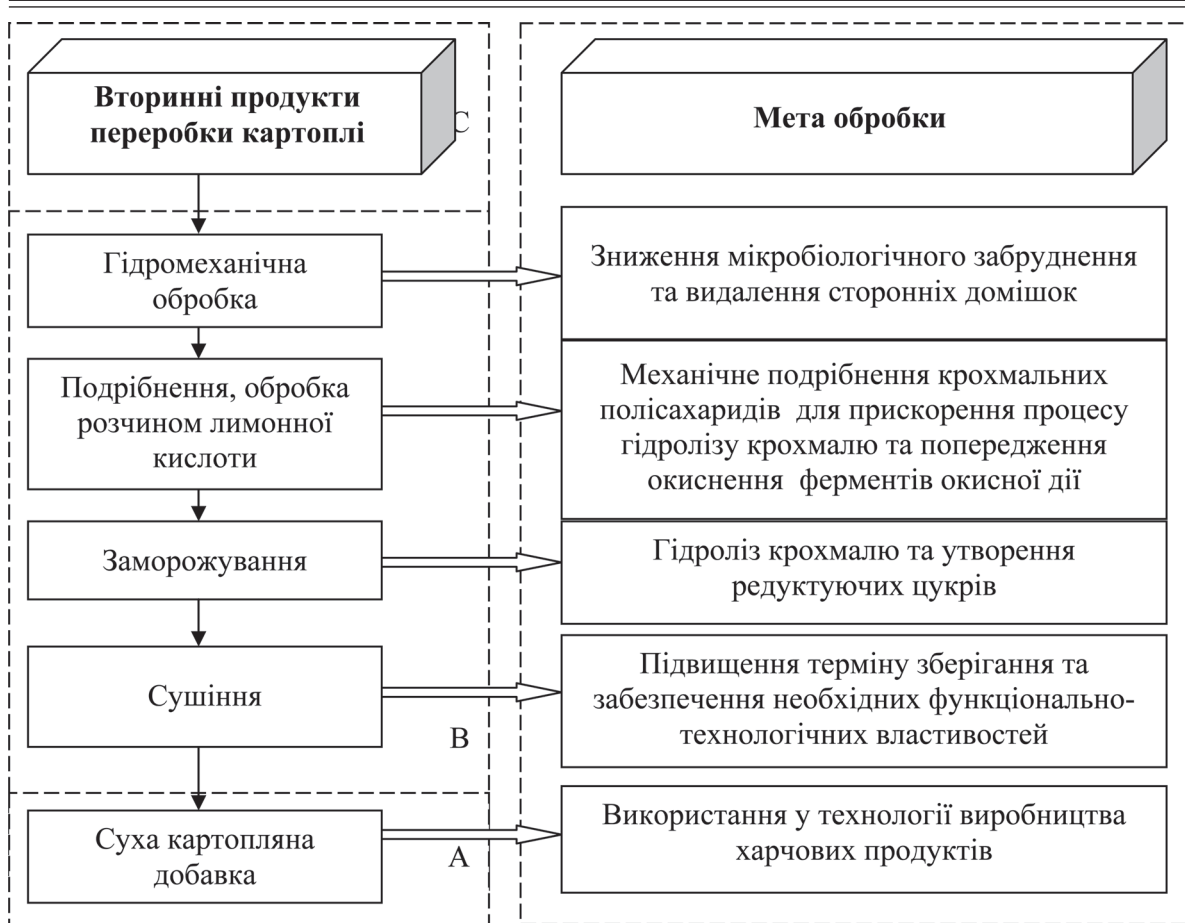
**Мета статті** — наукове обґрунтування і розроблення прискореної технології дріжджового напівфабрикату з використанням вторинних продуктів переробки картоплі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Встановлена мета роботи передбачає розроблення прискореної технології дріжджового напівфабрикату за допомогою введення у рецептуру продуктів вторинної переробки картоплі для поліпшення якісних показників борошняних виробів та інтенсифікації його технологічного процесу й виробництва.

На рис. 1 запропоновано модель такого технологічного процесу. Стратегію подальшого дослідження передбачає одержання сухої картопляної добавки, яка отримана із вторинних продуктів переробки картоплі.

Наведена модель цього технологічного процесу для отримання сухої картопляної добавки передбачає використання вторинних продуктів переробки картоплі (а саме підсистеми С), яка надає можливість грамотно використовувати вторинну сировину, а також дозволяє розробку повністю новітньої технології для отримання замінника цукру, виготовленого із крохмальної сировини. Підсистема В пояснює обґрунтування та регулювання спрямованості технологічного процесу для отримання самої картопляної добавки у сухому вигляді. Підсистема А дає можливість використовувати суху картопляну добавку для виробництва харчових продуктів, а також у процесі виробництва дріжджового тіста з виключення з рецептури цукру.

Вивчаючи низку літературних джерел, можна підтвердити доцільність використання концепції підвищення якості хлібобулочних виробів за рахунок використання



**Рисунок 1** — Модель технологічного процесу отримання сухої добавки із картоплі

певних технологій, збільшення обсягів технологічного процесу на виробництві, використовуючи нетрадиційну сировину та за умови раціонального використання вторинних природних ресурсів.

Використання новітньої продукції дає необхідність оцінювання її хімічного складу та зміни в процесі попередньої обробки, підготовки для подальшого її застосування, вивчення технологічних властивостей, та дослідження впливу отриманої картопляної добавки у сухому виді на інгредієнти тіста з метою створення ефективної нової технології її використання.

Вивчаючи літературу з цього питання, можна зробити висновок, що на сьогоднішній день продукти вторинної переробки картоплі можуть використовуватися для технології виробництва крохмалю та як корм для рогатої худоби. При вивченні іноземної та вітчизняної літератури не було знайдено ні єдиної згадки про технологію виробництва сухої картопляної добавки, яка використовується як природний заміник цукру, отриманий з натуральної рослинної сировини.

Підсумовуючи вищесказане, було проведено серію досліджень для вивчення й наукового обґрунтування новітнього способу, використовуваного для переробки вторинної сировини для отримання певної сухої добавки та подальшого використання цієї добавки у технологіях харчових продуктів, а саме для дріжджових виробів.

Визначення режимів отримання сухих картопляних добавок та технологічних параметрів виробництва цих добавок проводили у кілька етапів.

Перший етап передбачав вивчення технологічних параметрів попередньої обробки для вторинної сировини. Спочатку необхідно було зробити гідромеханічну обробку вторинних продуктів переробки картоплі, а потім подрібнити ці продукти до пюреподібної маси. При виробництві пюреподібної маси відбувається зміна кольору продукту через окиснення поліфенолоксидази та взаємодію кисню з крохмальними полісахаридами.

Для попередження подібних окисних операцій використовують аскорбінову або лимонну кислоти у попередній обробці продукту. У експериментальному дослідженні використовувався метод обробки лимонною кислотою.

Другий етап передбачав визначення температурних показників обробки ВППК для найбільшого збереження редукуючих цукрів. При обробці низькими температурами проводиться велике збереження редукуючих цукрів за допомогою процесу гідролізу крохмалю, через це знаходження тривалості обробки та інтервалу температури є обов'язковим.

Заморожування проводилося при температурах  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  та  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  для встановлення часу, за який відбувається найбільше накопичення редукуючого цукру; результати цього дослідження зображені на рис. 2

Проведені дослідження дають ясно зрозуміти, що вплив низькотемпературної обробки збільшує кількість цукру, як зображено на рис. 2. Виявлено, що температурні розбіжності дуже впливають на інтенсивність збереження редукуючих цукрів, беручи до уваги час цієї низькотемпературної обробки. При шоківому заморожуванні через одну годину відбулося максимальне зростання кількості редукуючих цукрів, з часом їх кількість знову вирівнялась і була сталою.

При температурі  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  кількість цукру, як при минулій температурі утворилась пізніше, точніше — через 2 години, потім також стала сталою, а при температурі  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  за минулі три години кількість редукуючих цукрів так і не досягла свого найбільшого значення.

З точки зору збережувачості енергоємності застосування апарату для шоківого заморожування та низькотемпературних секцій є повністю виправданим.

Для встановлення фракційного складу цукру були проведені дослідження цукру, що утворився на минулому етапі під час шоківого заморожування. Це дослідження проводилося з використанням методу високоефективної рідинної хроматографії на прикладі Shimadzu LC20 Prominence. Результати проведеного дослідження наведені у табл. 1.

Технологічна схема цього експерименту показує, що після виставлення тривалості і температури попереднього заморожування вторинних продуктів переробки картоплі та

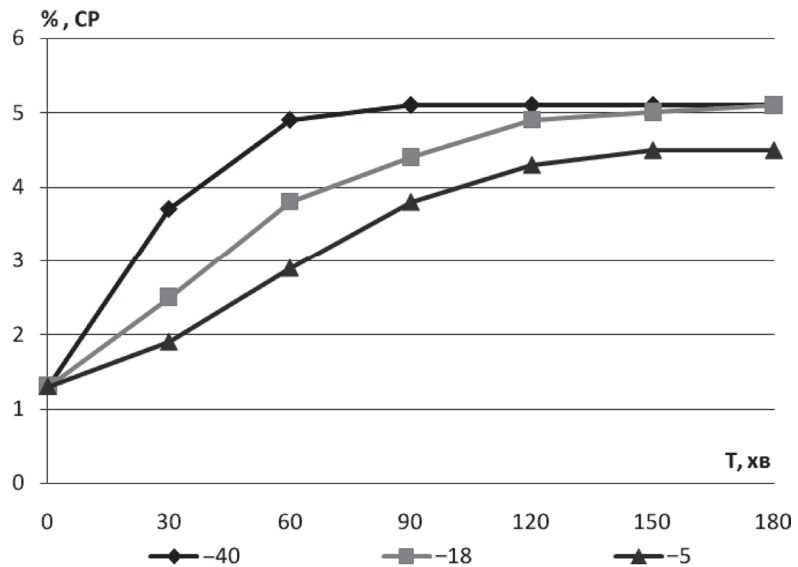


Рисунок 2 — Динаміка накопичення редукуючих цукрів під час холодної обробки.

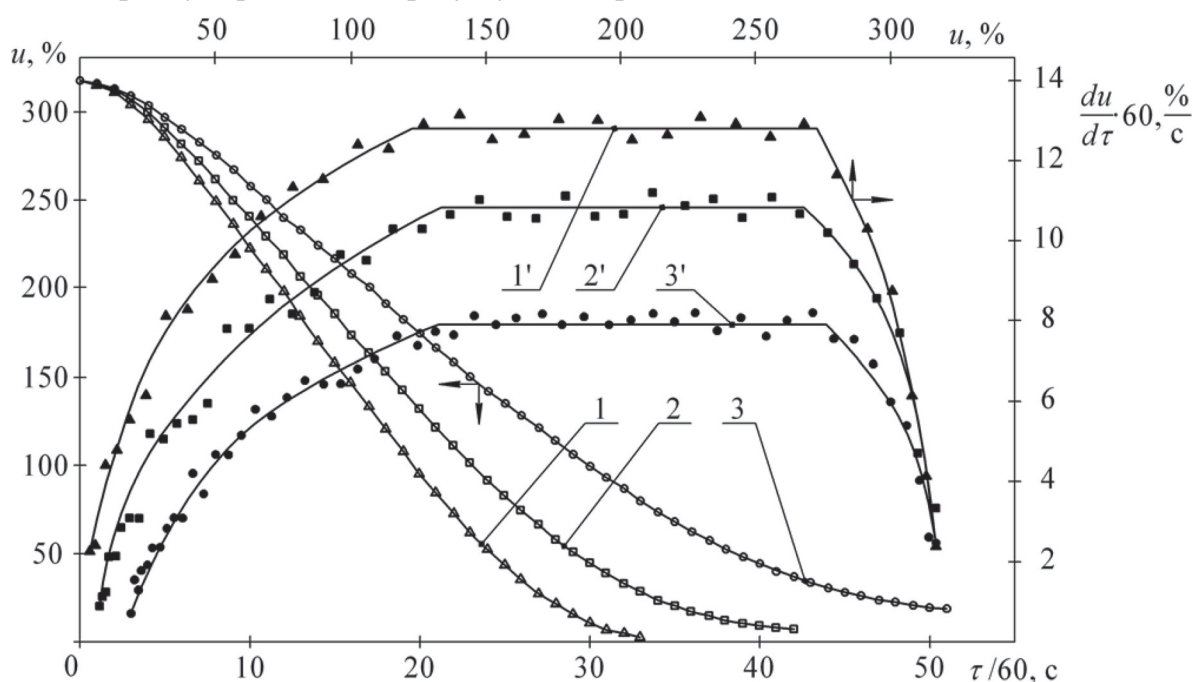
Таблиця 1 – Концентрації оптично активних вуглеводів в розчинах картоплі

Вуглевод	Вторинні продукти переробки картоплі		Суша картопляна добавка	
	Концентрація С, %	Маса m, г	Концентрація С, %	Маса m, г
Сахароза	29,84	0,3916	0,83	0,04248
Фруктоза	5,41	0,0710	28,98	1,47578
Мальтоза	—	—	40,16	2,04473
Глюкоза	64,75	0,8499	29,98	1,52650
Декстрин	—	—	<0,05	0,00241
Разом:	100,00	1,3125	100,00	5,0919

виставлення фракційного складу цукрів, що утворились, потрібно підібрати оптимальний режим сушки отриманого замісу.

Наступний етап передбачає групу експериментальних досліджень для змоги науково-го виявлення способу виготовлення сухої картопляної добавки, виготовленої із вторинних продуктів переробки картоплі. Використання заморожених продуктів на підприємствах не є зручним, саме тому доцільно використовувати сухі продукти, які є більш зручними при транспортуванні, зберіганні, крім того, їх термін придатності значно більший.

Після проведення низки дослідів з приводу сушіння пастообразних харчових виробів ми зробили висновок, що спосіб сушіння з радіаційним теплопідведенням є найбільш доцільний, адже при попередньому заморожуванні продукту утворюється велика кількість редуруючих цукрів, що сприяють прилипанню продукту на металеву гарячу поверхню при кондуктивному сушінні. При переміщенні продукту з металеві поверхні виникають труднощі, що сприяють зниженню його якості. Через це був обраний саме радіаційний спосіб сушіння тонкого нерухомого шару, на фторопластовій поверхні, оскільки цей спосіб попереджує прилипання продукту до поверхні.



**Рисунок 3** — Криві сушіння (1–3) та швидкості сушіння (1'–3') пюре з картопляних відходів за різних значень щільності теплового потоку ІЧ-випромінювання:  
1, 1' — 1625 Вт/м<sup>2</sup>; 2, 2' — 1250 Вт/м<sup>2</sup>; 3, 3' — 875 Вт/м<sup>2</sup>

На підставі досліджуваних експериментальних даних побудовані певні криві сушіння, швидкості сушіння та температури в різних точках продукту (термограми).

На рис. 3. наведені певні криві сушіння та швидкості сушіння пюреобразної маси з картопляних відходів при відмінних значеннях щільності теплового потоку ІЧ-випромінювання. Криві швидкості сушіння продукту побудовані за допомогою графічного диференціювання кривих сушіння.

Цей процес сушіння проводиться у три періоди — прогрівання (невеличка опукла до верхньої горизонтальної осі ділянка на початку кривих), лінійної зміни вологовмісту та спадіння швидкості сушіння. Значення критичного вологовмісту, що поділяє другий та третій періоди, лежить в межах 122,1–132,9 % і залежить від щільності теплового потоку ІЧ-випромінювання. Найбільш довгою на кривих сушіння є ділянка лінійної зміни вологовмісту, в якій, разом з ділянкою прогрівання, знищується вільна волога.

Криві показують інтенсивність сушіння, і вона значно залежить від щільності певного теплового потоку. При підвищенні з 876 до 1625 Вт/м<sup>2</sup> тривалість процесу зменшується з 51 до 33 хв. Пришвидщення сушіння відбувається у періоді лінійної зміни вологовмісту. Так, по-

стійна швидкість сушіння у цьому періоді підвищується відповідно з 7,92 до 12,8 %/хв. Така зміна процесу досягнута за рахунок зменшення висоти розташування блоку ТЕНів з 0,096 до 0,051 м за відносно однакових значень потужності електроенергії; очевидним є зниження при цьому питомих енерговитрат та підвищення продуктивності установки пропорційно зменшенню тривалості процесу сушіння. З позицій вище запропонованих показників оптимальною є найменш можлива з технічних думок відстань між блоком ТЕНів та продуктом.

Подальший характер впливу на якість продукту має зростання щільності теплового потоку. Так, при 875 Вт/м<sup>2</sup> готовий продукт має одномірний колір, кремовий, відсутні певні зони підгоряння продукту. При 1250 Вт/м<sup>2</sup> на периферії шару цього продукту з'являється кільцева зона шириною біля 15 мм з найбільш темним кольором, який характерний для процесів карамелізації і меланоїдиноутворення за певних температур продукту у цій зоні. Більших розмірів приймає ця зона при 1625 Вт/м<sup>2</sup>, що свідчить про неоднорідність щільності теплового потоку для певної експериментальної установки у горизонтальних площинах. Ця неоднорідність, виходячи із підвищення зони підгоряння при скороченні відстані між продуктом і блоком ТЕНів, змінює своє положення також у вертикальному напрямі.

Наступний етап у дослідженні був розробкою прискореної технології виробництва дріжджових виробів з використанням сухої добавки.

Запропонований спосіб приготування дріжджового тіста з попередньою активацією грибового середовища дозволить значно зменшити процес адаптації дріжджів до умов середовища і пришвидшити процес бродіння тіста. Цей спосіб отримання борошняних виробів з використанням сухої картопляної добавки проводили таким чином.

Активували дріжджі за температури 30–32 °С протягом (18–20) • 60 с, при цьому підготовлену добавку додають у розчинені у воді дріжджі. Після активації дріжджів додають залишок води, борошно, маргарин та замішують тісто впродовж (10–15) • 60 с, потім тістовий напівфабрикат залишають для бродіння на (60–90) • 60 с за температури 30–35 °С. У період цього часу декілька разів обминають тісто. Наступними етапами є розділення, формування, випікання, охолодження й пакування.

**Висновки.** Проведені експериментальні дослідження та новий розроблений спосіб переробки рослинної сировини дали змогу розробити спеціальний прискорений метод приготування дріжджового тіста з попередньою активацією дріжджів. Цей спосіб дає можливість скоротити час тістоутворення до 35–40 %.

#### Список літератури

1. Метлицкий Л. В. Основы биохимии и технология хранения картофеля. М. : Колос, 2002. 208 с.
2. Downey G. Effects of cryoprotectant mixtures on physical properties of frozen and thawed puréed cooked potatoes: some introductory studies. *International Journal of Food Science & Technology*. 2003. Vol. 38, №8. P. 857–868.
3. Поперечний А. М., Варваріна Н. М., Сич М. І. Сушарка для пюреподібних матеріалів. Пат. № 24915 України, МПК (2007) F 26B 17 / 28. / заявник і власник Донецьк. нац. ун-т економ. і торг. ім. Михайла Туган-Барановського, заявл. 11.12.2006; опубл. 25.07.2007, Бюл. № 11. 4 с.
4. Seibles T. S. Studies on potato proteins. *American Potato Journal*. 2001. Vol. 56, № 9. P. 415–425.
5. Swaaij A. C. Effect of growth conditions on glycoalkaloid in potato tubers. *Potato Research*. 2002. Vol. 35, №1. P. 68–69.
6. Попова С. Ю. Дослідження фракційного складу цукрів вторинних продуктів переробки картоплі. *Східно-Європейський журнал передових технологій: науковий журнал*. 2015. № 5/6 (77). С. 23–29. DOI : 10.15587/1729-4061.2015.51551.
7. Gelinas P. Mapping early patents on baker's yeast manufacture. *Comprehensive Reviewing in Food Science and Food Safety*. 2010. Vol. 9. P. 483–497. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00122.x.
8. Lebedenko T. E., Kozhevnikova V. O., Sokolova N. Yu. Modern ideas about the nutritional value of bakery products. The main directions of their correction. Grain products and mixed fodders. 2015. 2(58). P. 19–25. doi: 10.15673/2313-478x.58/2015.46011.



9. Hadiyanto Asselman, A., Straten, G. V., Boom, R. M., Esveld, D. C., Boxtel, A. J. B. V. Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2007. № 8 (2). C. 285–298. doi: 10.1016/j.ifset.2007.01.006.
10. Cauvain, S. P. Bread: Breadmaking processes. *Encyclopedia of food and health*. 2016. P. 478–483. doi: 10.1016/b978-0-12-384947-2.00087-8.

### References

1. Metlitskii, L. V. (2002). *Osnovy biokhimmii i tekhnologiya khraneniya kartofelya* [Fundamentals of biochemistry and potato storage technology], Moscow, Kolos, 208 p.
2. Downey, G. (2003). [Effects of cryoprotectant mixtures on physical properties of frozen and thawed puréed cooked potatoes: some introductory studies]. *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 38, no. 8, pp. 857–868.
3. Poperechnyi, A. M., Varvarina, N. M., Sych, M. I. (2007). *Susharka dlya piurepodibnykh materialiv* [Dryer for puree-like materials]. Patent UA no. 24915.
4. Seibles, T. S. (2001). Studies on potato proteins. *American Potato Journal*, vol. 56, no. 9, pp. 415–425.
5. Swaaij, A. C. (2002). Effect of growth conditions on glycoalkaloid in potato tubers. *Potato Research*, vol. 35, no. 1, pp. 68–69.
6. Popova, S. Yu. (2015). *Doslidzhennya fraktsiinogo skladu tsukriv vtorynnykh produktiv pererobky kartopli* [Research of fractional composition of sugars by secondary products of potato processing]. *Skhidno-Yevropeiskyi zhurnal peredovykh tekhnologii* [Eastren-European Journal of Enterprise Technologies], no. 5/6 (77), pp. 23–29. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51551.
7. Gelinias, P. (2010). Mapping early patents on baker's yeast manufacture. *Comprehensive Reviewing in Food Science and Food Safety*, vol. 9, pp. 483–497. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00122.x.
8. Lebedenko, T. E., Kozhevnikova, V. O., Sokolova, N. Yu. (2015). Modern ideas about the nutritional value of bakery products. The main directions of their correction. *Grain products and mixed fodders*, 2 (58), pp. 19–25. doi: 10.15673/2313-478x.58/2015.46011.
9. Hadiyanto Asselman, A., Straten, G. V., Boom, R. M., Esveld, D. C., Boxtel, A. J. B. V. (2007). Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8 (2), pp. 285–298. doi: 10.1016/j.ifset.2007.01.006.
10. Cauvain, S. P. (2016). Bread: Breadmaking processes. *Encyclopedia of food and health*, pp. 478–483. doi: 10.1016/b978-0-12-384947-2.00087-8.

**Objective** is scientific substantiation and development of the accelerated technology of yeast semi-finished product with use of secondary products of processing of potatoes.

**Methods.** The studies used a dry potato additive derived from potato by-products. Potato purification products were treated with a 2.5 % solution of citric acid at a hydromodule of 1:3, crushed on a skewer ( $\omega = 180\text{--}200\text{ s}^{-1}$ ) and frozen at a temperature of  $-40^{\circ}\text{C}$  for  $90 \cdot 60\text{ s}$ , frozen plates with a diameter of 0.5 mm were fed to the conveyor line of the radiation dryer and dried to a moisture content of 12 %. To determine the change in moisture content of SKD with an interval of one minute, the plate with the product was weighed on analytical electronic scales SNUG II-300 with an accuracy of 0.01 g. Each experiment was performed before stopping the change in mass of the plate with the product by the method of drying to constant weight. The boxes with the crushed product were dried in the drying cabinet SNOL 3,5.3,5.3,5 / 3,5 I2, equipped with an automatic temperature controller, at a value of  $130 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . All experiments were performed three times. The results were averaged. It was performed spectral analysis of starch polysaccharides using PGS-2 spectrometer (Carl Zeiss). Studies of the fractional composition of VPPK sugars were performed by the spectropolarimetric method.

**Results.** Scientifically the article substantiates and develops the accelerated technology of yeast semi-finished product with the use of secondary products of potato processing. It was studied the fractional composition of secondary potato raw materials after freezing. The authors offer rational mode and duration of low-temperature processing of secondary products of potato processing. It has

been developed the optimal method and mode of drying mashed potatoes. The accelerated method of obtaining yeast dough using a dry potato additive is described.

**Key words:** bakery products, yeast semi-finished product, accelerated technology, by-products of potato processing, dry potato additive, low-temperature processing, radiation drying.

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-26-34

УДК 664. 683: 664.644.5-029:582.711.714 (045)

*Сімакова О. О.*, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>

*Горайнова Ю. А.*, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>

*Гніщевич В. А.*, д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>

*Слащева А. В.*, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>

*Боднарук О. А.*, асистент<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗБАГАЧЕНИХ КАЛІЄМ РАЦІОНІВ НА ФІЗИЧНУ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СТУДЕНТІВ

UDC 664. 683: 664.644.5-029:582.711.714 (045)

*Simakova O. O.*, PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>

*Goraiainova Yu. A.*, PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>

*Hnitsevych V. A.*, Grand PhD of Technical Sciences,  
Professor<sup>1</sup>

*Slashcheva A. V.*, PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>

*Bodnaruk O. A.*, Assistant Professor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

#### RESEARCH OF INFLUENCE OF POTASSIUM-RICH DIETS ON PHYSICAL PERFORMANCE OF STUDENTS

**Мета.** Мета статті — наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження доцільності використання калійкатіонованої води для поліпшення якості хліба й дослідження впливу збагачених калієм раціонів на фізичну працездатність студентів.

**Методи.** Вплив катіонів калію на активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна оцінювали за виходом сирі та сухої клейковини з тіста, яке готували на калійкатіонованій та дистильованій воді. Клейковину в експериментах відмивали від тіста після відлежування протягом 1,5 години. Мальтазну активність за методом Ройтера визначали як час (у хвиликах), протягом якого 1 г дріжджів вивільнює 20 мл CO<sub>2</sub> під час реакції їх із розчином мальтози. Фізичну працездатність визначали за частотою серцевих скорочувань (ЧСС) при виконанні визначеного дозованого навантаження методом степергометрії.

**Результати.** Досліджено вплив катіонів калію на активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна. Встановлено, що при використанні калійкатіонованої води вихід сирі та сухої клейковини значно зростає, але при цьому вихід сухої такою ж мірою зменшується, що є позитивним чинником у технології хлібопечіння. Доведено, що збагачення катіонами калію життєвого середовища пекарських дріжджів значно активізує їх спроможність

Надійшла до редакції 30.09.2020 р. © О. О. Сімакова, Ю. А. Горайнова, В. А. Гніщевич, А. В. Слащева, О. А. Боднарук, 2020

до гідролізу мальтози, що сприяє активізації процесу газоутворення. Процес газоутворення впливає на швидкість тістоведіння та якість готового хліба, зокрема його об'єм, пористість м'якушки та здатність її до стискування. Встановлено, що вживання хліба виготовленого на калійкатіонованій воді, сприяє посиленню тонусу серцевого м'яза, поліпшенню загального стану організму, особливо фізичної витривалості та працездатності.

**Ключові слова:** калійкатіонована вода, калій, хліб, пшеничне борошно, пекарські дріжджі, фізична працездатність, хлорид натрію, раціони, ферменти, катіони.

**Постановка проблеми.** Найважливішим зовнішньоклітинним катіоном, який забезпечує постійність осмотичного тиску біологічних рідин в організмі людини та тварин, є натрій. Для дорослої людини у забезпеченні обмінних процесів достатньо 0,6–3,5 г повареної солі на добу, які вміщують 0,24–1,37 г Na<sup>+</sup>, проте за багаторічними традиціями більша частина населення світу споживає 8–16 г солі. Організм людини непристосований до великої кількості натрію, яку він часто споживає з грудного віку. Надмірне накопичення натрію в організмі сприяє затриманню рідини, навіть до підвищення артеріального тиску (сольова гіпертензія), підтримуванню запалювальних процесів, веде до енергійного вивільнення калію нирками. Підвищений вміст натрію у рідких середовищах організму веде до проникнення його в клітини. У клітинах накопичуються вода та кальцій, концентрація калію при цьому знижується. Клітини судинної стінки набухають, втрачають еластичність, набувають здатності до спазмів. Серед аліментарних чинників, які сприяють розповсюдженню гіпертонічної хвороби, велике значення має тривале надмірне споживання кухонної солі, тому при лікуванні її у першу чергу використовують гіпонатрієву дієту. Гіпонатрієва дієта показана також при хронічній серцевій недостатності, нефропатіях під час вагітності, хворобах суглобів. Але досвід показує, що тривалі безсольові режими хворі переносять дуже важко, тому з метою надання звичного смаку продуктам та стравам без кухонної солі використовують солезамінники.

Одним з найвідоміших солезамінників є хлорид калію, який використовують у стравах замість хлориду натрію. Встановлено, що збагачення раціонів калієм сприяє зниженню артеріального тиску навіть при надмірному надходженні натрію. До того ж калій сам відіграє в організмі дуже значну роль — він знаходиться у крові та протоплазмі клітин, приймає участь в обміні білків та вуглеводів, необхідний для нормальної роботи м'язів, зокрема серцевого (міокарду). У зв'язку з цим збагачення калієм раціонів харчування має дуже важливе значення не тільки для хворого, але й для здорового організму. Проте хлорид калію для цього не дуже придатний, бо він має гіркуватий присмак і продукти, виготовлені на його основі, будуть мати незвичний смак, тому проблема збагачення продуктів та страв калієм потребує додаткових досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основним джерелом калію для організму є рослини, які вміщують його у великих кількостях, у їх складі катіон калію зв'язаний з органічними кислотами і не має тих смакових недоліків, що хлорид калію.

При великих фізичних навантаженнях, наприклад, під час спортивних тренувань, організм людини втрачає багато калію, і якщо його не поповнювати, це може привести до загального фізичного послаблення, а далі й до порушення роботи серцевого м'яза. Тому спортсмени вживають збагачену калієм дієту, яка вміщує виноград, абрикоси і т. ін. Останнім часом внаслідок дуже низької якості питної води при виготовленні різних харчових продуктів часто використовується вода, очищена від забруднень за допомогою катіонообмінного способу [1]. Незважаючи на дуже високий ступінь очищення води, цей спосіб має суттєвий недолік — вода при цьому процесі збагачується катіонами натрію, що призводить до зміщення натрієво-калієвого балансу в організмі, гальмує виведення води з організму, а раптом спричиняється і до захворювань, серед яких найчастіше зустрічається гіпертонічна хвороба. Цей недолік обмежує вживання катіонованої води при виготовленні продуктів харчування.

Нами запропонований метод іонообмінного очищення води пропусканням її через калійкатіоновані фільтри, які одержуються шляхом регенерації сорбенту замість хлориду

натрію хлоридом калію, при цьому вона збагачується не катіонами натрію, а катіонами калію у концентрації 172 мг/л за даними аналізу, що робить таку воду лікувально-профілактичною вже при безпосередньому вживанні. Використання калійкатіонованої води в рецептурах при виготовленні деяких продуктів харчування може відкрити нову сторінку у теорії та практиці лікувально-профілактичного харчування. Продукти при цьому також збагачуються катіонами калію і можуть бути рекомендовані у дієтах спортсменів та робітників професій, пов'язаних з важкими фізичними навантаженнями. При цьому можна досягти значної економії коштів, вживаючи звичайні продукти, виготовлені з використанням калійкатіонованої води, наприклад, хліб, замість дорогих, дефіцитних раціонів спеціального призначення.

Проте, перш ніж рекомендувати підготовану таким шляхом воду для включення її в рецептури виготовлення продуктів харчування, треба упевнитися в позитивному впливі її на харчову цінність та споживчу якість цих продуктів. Ми зупинилися на вивченні впливу калійкатіонованої води на поведінку білкового комплексу пшеничного борошна, біохімічні змінення якого у процесі приготування хліба та інших виробів з дріжджового тіста під дією ферментів-протеаз значною мірою відповідають за їх харчову та споживчу цінність.

**Мета статті** — наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження доцільності використання калійкатіонованої води для поліпшення якості хліба та дослідження впливу збагачених калієм раціонів на фізичну працездатність студентів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вплив катіонів калію на активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна оцінювали за виходом сирі та сухої клейковини з тіста, яке готували на калійкатіонованій та дистильованій воді. Слід відзначити, що білковий комплекс клейковини тіста при замішуванні піддається дії ферментів-протеаз, що гідролізують білки до вільних амінокислот, які збагачують тісто, надають азотисте харчування дріжджам та сприяють реакції Майара, наслідком якої є утворення хрусткої коричневої скоринки готового хліба [2]. Клейковину в експериментах відмивали від тіста після відлежування протягом 1,5 години. Дані експерименту наведені в табл. 1.

**Таблиця 1** — Вплив катіонів калію на активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна

Дослідний зразок	Вихід сирі клейковини, %	Вихід сухої клейковини, %	Здатність клейковини до розтягування, см
Дистильована вода (контроль)	33,0	10,2	6,8
Калійкатіонована вода	35,1	8,4	6,7

Дані експерименту свідчать про те, що при використанні калійкатіонованої води, яка вміщує підвищену кількість катіонів калію, вихід сирі клейковини значно зростає, але при цьому вихід сухої такою ж мірою зменшується. Ці, на першій погляд, суперечні дані легко пояснюються. Скоріше за всього, катіон калію позитивно впливає на гідратацію клейковини — молекули білку в реакційній суміші набувають таку конформацію, за якої їх гідрофільні функціональні групи стають доступними для утворення водневих зв'язків з водою, яка міцно втримується усім білковим комплексом. Це дуже позитивний процес у технології хлібовипікання, який особливо цінується технологами [3]. З метою зростання спроможності клейковини до гідратації у всьому світі проводяться роботи з пошуку добавок, які б забезпечували легке зв'язування води молекулами білка клейковини. Така дія катіону калію природна, тому що відома менша здібність його до гідратації порівняно із натрієм, і в такій ситуації цей катіон виявляє меншу конкурентну здібність у боротьбі за молекули води разом із білковою молекулою, де перевага залишається за останньою [4]. Зменшення ж виходу сухої клейковини свідчить про активацію гідролітичних процесів у тісті, які призводять до зростання моноцукрів та амінокислот в тістовому напівфабрикаті, від яких залежить швидкість визрівання дріжджового тіста.

Найважливішим рецептурним компонентом при виготовленні пшеничного хліба є пекарські дріжджі, які поряд з іншими ферментами мають у своєму складі фермент маль-

тазу, що відіграє дуже важливу роль у хлібопекарських та бродильних виробництвах [5]. У процесі діастатичного гідролізу крохмалю борошна накопичується дисахарид мальтоза, який далі розщиплюється на дві молекули глюкози. При недостатній активності мальтази в дріжджах припиняється гідроліз мальтози, уповільнюється зброджування цукрів, а також газоутворення [6; 7]. Але якщо пекарські дріжджі — це повноцінний живий організм зі своїм власним обміном речовин, то збагачення середовища катіонами калію повинно позитивно вплинути на натрієво-калієвий баланс їх клітин, а тому й на їх життєву, зокрема мальтазну, активність. Нами проведено прискорене знайдення мальтазної активності пекарських дріжджів, суспензованих у звичайній водопровідній та калійкатіонованій воді за методом Ройтера [8]. Мальтазна активність за цим методом дорівнює часу (у хвиликах), протягом якого 1 г дріжджів вивільнює 20 мл  $\text{CO}_2$  під час реакції їх з розчином мальтози. Дані експерименту наведені у табл. 2.

З даних табл. 2 виходить, що збагачення катіонами калію життєвого середовища пекарських дріжджів значно активізує їх спроможність до гідролізу мальтози, внаслідок чого реакційна суміш збагачується глюкозою, яка надає харчування дріжджам та сприяє активізації процесу газоутворення. Від процесу газоутворення залежить не тільки швидкість тістоведіння, але й якість готового хліба, особливо його об'єм, пористість м'якушки та здатність її до стискування [9]. Для підтвердження позитивного впливу калійкатіонованої води на ці показники якості готового продукту нами були проведені додаткові дослідження залежності їх від типу рецептурної води при одержанні пробних випічок. Дані експерименту наведені в табл. 3.

**Таблиця 2** — Мальтазна активність дріжджів у водопровідній та калійкатіонованій воді

Реакційне середовище	Мальтазна активність, хвил.
Водопровідна вода	98
Калійкатіонована вода	85

**Таблиця 3** — Вплив калійкатіонованої води на якість готових виробів, одержаних внаслідок пробних випічок

Рецептурна вода	Показник		
	Об'єм, 100 г/мл	Пористість, %	Здатність до стискування, у. о.
Водопровідна	290,0	74,5	25,3
Калійкатіонована	357,7	79,1	33,5

Дані табл. 3 свідчать про значне поліпшення якості готового хліба, виробленого з використанням збагаченої калієм води, та повністю узгоджуються з попередніми експериментами. Так, зростання газоутворення внаслідок підвищення мальтазної активності дріжджів веде до одержання більш об'ємного продукту з пухкою пористою м'якушкою, яка до того ж має велику пружність.

Отже, калійкатіонування води, яка використовується для виробництва хліба, дозволить забезпечити захист продукту від попадання в нього токсичних важких металів, без будь-яких додаткових добавок поліпшити якість готового хліба й збагатити його таким важливим біогенним елементом, як калій. Вживання такого хліба може значно посилити тонус серцевого м'яза, від чого повинна зрости фізична працездатність та загальне самопочуття людини.

З метою вивчення впливу збагаченого калієм раціону на самопочуття людини нами були проведені дослідження фізичної працездатності у двох групах студентів другого курсу навчально-наукового інституту ресторанно-готельного бізнесу та туризму Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського на факультативних заняттях з фізичної культури. У експерименті приймали участь тільки юнаки одного віку та майже однакової ваги, щоб зменшити похибку експерименту, яка обов'язково виникне через різні фізичні можливості юнаків та дівчат. У одній групі юнакам до обіду додавали хліб, випечений на калійкатіонованій воді (пробні випічки здійснювали у лабораторних умовах), інша група була контрольною, яка споживала

звичайний хліб. Загальна кількість юнаків, які приймали участь в експерименті, складала 30 осіб — по 15 у кожній групі. Спостереження тривали протягом місяця — по два рази на тиждень під час факультативних занять з фізичної культури.

Рівень фізичної працездатності є одним з об'єктивних критеріїв здоров'я студента. Висока фізична працездатність слугує показником стабільного здоров'я, і навпаки, низькі її значення розглядаються як фактор ризику для здоров'я та є передумовою до зниження реалізації усіх розумових можливостей студента. Для визначення фізичної працездатності в педагогічній та спортивно-медичній практиці використовуються такі навантажувальні тести: велоергометрія, степергометрія (сходження на сходинку), біг на тредбані, а також інші прості методи знайдення пристосування до навантаження, які використовуються у масових дослідженнях. Велику розповсюдженість набули тести, в яких працездатність визначається за частотою серцевих скорочувань (ЧСС) при виконанні визначеного дозованого навантаження. Функціональну пробу, засновану на визначенні потужності м'язового навантаження, за якої ЧСС підвищується до 170 уд./хвил., визначають як тест PWC170. Визначення фізичної працездатності за допомогою цього тесту базується на двох добре відомих у фізіології м'язової діяльності фактах: зростання серцебиття під час м'язової роботи прямо пропорційно її інтенсивності: ступінь зростання серцебиття під час будь-якого фізичного навантаження (не граничного) зворотно пропорційно здатності людини виконувати м'язову роботу певної інтенсивності, тобто фізичній працездатності. З цього виходить, що ЧСС під час м'язової роботи може бути використана в якості надійного критерію фізичної працездатності людини. У досить великому діапазоні потужностей фізичних навантажень взаємовідносини між ЧСС та потужністю є практично лінійними, що дає можливість лінійної екстраполяції при розрахунку PWC170 за двома відносно невеликими навантаженнями. Лінійна залежність між ЧСС та потужністю навантаження закінчується одразу ж після 170 уд./хвил. До того ж ЧСС 170 уд./хвил. є оптимальною для роботи серця здорової людини, тому що пов'язана з максимальними значеннями ударного об'єму крові (об'єму крові, що викидається в аорту при одному скороченні серця). Подальше зростання ЧСС веде до зниження серцевого викиду. Для проведення цього тесту студенту не обов'язково виконувати навантаження великої потужності. Достатньо виконати два навантаження помірної потужності, які розділені інтервалом у 5 хвилин відпочинку. Кожне навантаження продовжується 5 хвилин, за цей час закінчує вироблятися кардіореспіраторна система організму. Одразу ж після навантаження підраховується за 10 секунд пульс та помножується на 6 — одержується результат в уд./хвил. ЧСС після першого навантаження повинна досягати 100–120 уд./хвил., а після другого — 145–160 уд./хвил. Розрахунок фізичної працездатності проводиться за формулою:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot \frac{(170 - \Pi_1)}{\Pi_2 - \Pi_1},$$

де  $W_1$  та  $W_2$  — потужність першого та другого навантаження;  $\Pi_1$  та  $\Pi_2$  — ЧСС після першого та другого навантаження.

Простим та достатньо точним способом дозування навантажень є степергометрія. До основи цього виду роботи взято модифіковане сходження драбиною, яке дозволяє виконувати навантаження в будь-яких умовах з мінімальним переміщенням об'єкту дослідження. Дуже зручно користуватися при цьому двома автономними дерев'яними сходинками висотою 10 та 40 см. Потужність роботи регулюється як висотою сходинки, так і темпом сходження нею. Необхідно знати вагу об'єкта дослідження з точністю до 100 г. Потужність навантаження, що виконується, розраховують за формулою:

$$W \left[ \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{хвил.}} \right] = 1,33 \cdot P \cdot H \cdot n,$$

де  $P$  — маса тіла, кг;  $H$  — висота сходинки, см;  $n$  — кількість сходжень у 1 хвилину; 1,33 — коефіцієнт, який враховує величину роботи при сходженні сходинками.

Ми провели обстеження двох груп студентів на початку експерименту, коли в робочій групі тільки почали споживати хліб, збагачений катіонами калію.

Дані на початку експерименту для обох груп студентів наведені у табл. 4. З цієї таблиці виходить, що фізична працездатність усіх студентів приблизно однакова завдяки майже однакою масі тіла, а також однакою фізичній підготовці. Про це досить красномовно свідчать середньоарифметичні дані цієї величини. Вони не дуже значно відрізняються в обох групах. Далі подібне обстеження проводилося на кожному занятті з фізичної культури два рази на тиждень в обох групах, і дані оброблювалися за наведеною методикою. Кожного разу обчислювалося середнє значення фізичної працездатності. Наприкінці місячного експерименту дані було підсумовано, результати наведені на рис. 1.

**Таблиця 4** — Дані з фізичної працездатності студентів двох груп на початку експерименту з вживання збагаченого калієм хліба

№ об'єкта	P, кг	H, см		n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	ЧСС <sub>1</sub> уд./хв.	ЧСС <sub>2</sub> уд./хв.	W <sub>1</sub> кгм/хв.	W <sub>2</sub> кгм/хв.	PWC <sub>170</sub> кгм/хв.	Середнє значення PWC <sub>170</sub>
		H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контрольна група											
1	77,7	30	50	20	25	107	165	620	1292	1350	1320
2	78,3	30	50	20	25	110	168	626	1302	1325	
3	77,5	30	50	20	25	108	165	618	1288	1347	
4	75,9	30	50	20	25	111	169	606	1262	1344	
5	72,4	30	50	20	25	108	163	578	1204	1215	
6	79,1	30	50	20	25	110	170	631	1315	1315	
7	78,5	30	50	20	25	108	165	626	1305	1364	
8	77,1	30	50	20	25	109	165	615	1282	1329	
9	72,3	30	50	20	25	108	165	577	1202	1257	
10	74,5	30	50	20	25	108	167	594	1238	1271	
11	79,8	30	50	20	25	109	167	637	1327	1363	
12	80,1	30	50	20	25	110	168	639	1332	1356	
13	77,0	30	50	20	25	108	165	614	1280	1338	
14	73,2	30	50	20	25	107	165	584	1217	1272	
15	77,4	30	50	20	25	108	164	618	1287	1359	
Робоча група											
1	78,2	30	50	20	25	108	168	624	1300	1323	1330
2	77,5	30	50	20	25	107	167	618	1288	1321	
3	79,7	30	50	20	25	109	165	636	1325	1386	
4	79,9	30	50	20	25	107	168	638	1328	1351	
5	77,1	30	50	20	25	111	165	615	1281	1343	
6	77,5	30	50	20	25	110	168	618	1288	1311	
7	74,2	30	50	20	25	108	165	592	1233	1321	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
8	73,4	30	50	20	25	109	164	586	1220	1289	
9	77,5	30	50	20	25	107	165	618	1288	1346	
10	79,8	30	50	20	25	109	167	637	1327	1363	
11	78,1	30	50	20	25	110	168	623	1298	1321	
12	77,3	30	50	20	25	108	165	617	1285	1344	
13	77,3	30	50	20	25	107	164	617	1285	1355	
14	74,8	30	50	20	25	108	165	597	1244	1301	
15	75,1	30	50	20	25	108	167	599	1248	1281	

З даних рис. 1 видно, що у контрольній групі фізична працездатність коливається навколо середнього її значення, іноді відхиляючись від нього, мабуть, через індивідуальний стан кожного окремого студенту у певний відтинок часу. Крива 2 досить достовірно показує невинне зростання працездатності студентів у процесі споживання збагаченого калієм продукту, що й не дивно, враховуючи вплив катіонів калію на тонус міокарду. Отже, продукти, виготовлені на калійкатіонованій воді, набувають підвищеної концентрації катіонів калію, при цьому ці катіони зв'язані з органічними речовинами продукту і дуже легко засвоюються, що призводить до поліпшення загального стану організму, особливо фізичної витривалості та працездатності.

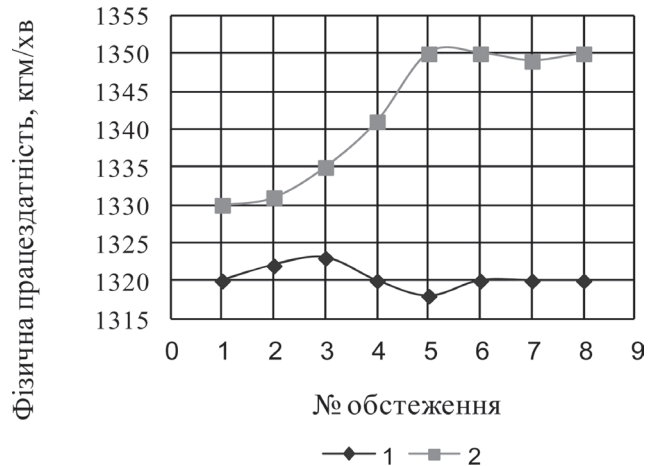
**Висновки.** Досліджено вплив катіонів калію на активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна. Встановлено, що при використанні калійкатіонованої води вихід сирої клейковини значно зростає, але при цьому вихід сухої такою ж мірою зменшується, що є позитивним чинником у технології хлібовипікання.

Доведено, що збагачення катіонами калію життєвого середовища пекарських дріжджів значно активізує їх спроможність до гідролізу мальтози, що сприяє активізації процесу газоутворення. Процес газоутворення впливає на швидкість тістоведіння та якість готового хліба, зокрема його об'єм, пористість м'якушки та здатність її до стискування.

Встановлено, що вживання хліба, виготовленого на калійкатіонованій воді, сприяє посиленню тонусу серцевого м'яза, поліпшенню загального стану організму, особливо фізичної витривалості та працездатності.

#### Список літератури

1. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды. *Астраханский вестник экологического образования*. 2013. № 1 (23). С. 182–192.
2. Семенова Л. Я. Вплив морської капусти на якісні показники дріжджового тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2011. № 27. С. 239–244.
3. Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А. Спосіб одержання дріжджового тіста: Пат. 50178 Україна, МПК А 21 D 8/02 / заявник та патентовласник Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А. (Україна). № 2001117630; заявл. 08.11.2011; опубл. 15.10.2012, Бюл. № 10. 2 с.
4. Буденный М. М., Агарков В. В., Леньшин В. Н. Потребителю о питьевой воде. Х. : Фактор, 2010. 112 с.
5. Гридина С. Б., Зинкевич Е. П., Владимирцева Т. А., Забусова К. А. Ферментативная активность зерновых культур. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2014. № 8. С. 57–60.
6. Simakova O., Korenets Yu., Yudina T., Nazarenko I., Goriainova Iu. Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2018. Vol. 2, №11 (92). P. 57–64. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127173.
7. Семенова Л. Я. Вплив ламінарії цукрової на якісні показники дріжджового тіста. *Вісник ДонНУЕТ. Технічні науки*. 2012. № 1 (53). С. 153–157.
8. Mykhaylov V., Samokhvalova O., Kucheruk Z., Kasabova K., Simakova O., Goriainova Iu., Rogovaya A., Choni I. Influence of microbial polysaccharides on the formation of struc-



**Рисунок 1** — Вплив споживання збагаченого калієм хліба на фізичну працездатність студентів: 1 — контрольна група; 2 — робоча група



ture of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*. 2019. Vol. 6, № 11 (102). P. 23–32. doi: 10.15587/1729-4061.2019.184464.

9. Korenets Yu., Goriainova Yu., Nykyforov R., Nazarenko I., Simakova O. Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies. Technology and equipment of food production*. 2017. Vol. 2, № 10 (86). P. 25–31. doi: 10.15587/1729-4061.2017.98409.

### References

1. Teplaya, G. A. (2013). *Tiazhelyye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchey sredy* [Heavy metals as a factor of environmental pollution]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan bulletin of ecological education], no. 1 (23), pp. 182–192.

2. Semenova, L. Ya. (2011). *Vplyv morskoi kapusty na yakisni pokaznyky drizhdzhovoho tista* [The impact of seaweed on quality indicators of dough]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnystv* [Equipment and technology of food production: scientific research journal], no. 27, pp. 239–244.

3. Safonova, O. M., Havrysh, T. V., Pertsevyi, F. V., Panchenko, I. A. (2012). *Sposib oderzhannia drizhdzhovoho tista* [The method of obtaining yeast dough]. Patent 50178 UA, no. 2001117630.

4. Budennyi, M. M., Agarkov V. V., Lenshin, V. N. (2010). *Potrebitelyu o pityevoy vode* [To a customer about drinking water]. Kharkiv, Faktor Publ., 112 p.

5. Gridina, S. B., Zinkevich, Ye. P., Vladimirtseva, T. A., Zabusova, K. A. (2014). *Fermentativnaya aktivnost zernovykh kultur* [The enzymatic activity of cereals]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk State Agricultural University], no. 8, pp. 57–60.

6. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Yu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern-European Journal of Enterprise technologies*, vol. 2, no. 11 (92), pp. 57–64. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127173.

7. Semenova, L. Ya. (2012). *Vplyv laminarii tsukrovoi na yakisni pokaznyky drizhdzhovoho tista* [The impact of sugar kelp on quality indicators dough]. *Visnik DonNUYET. Tekhnichni nauky* [Bulletin of DonNUET. Technical sciences], no. 1 (53), pp. 153–157.

8. Mykhaylov, V., Samokhvalova, O., Kucheruk, Z., Kasabova, K., Simakova, O., Goriainova, Yu., Rogovaya, A., Choni, I. (2019). Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern-European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, vol. 6, no. 11 (102), pp. 23–32. doi: 10.15587/1729-4061.2019.184464.

9. Korenets, Yu., Goriainova, Yu., Nykyforov, R., Nazarenko, I., Simakova, O. (2017). Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough. *Eastern-European Journal of Enterprise technologies*, vol. 2, no. 10 (86), pp. 25–31. doi: 10.15587/1729-4061.2017.98409.

**Objective** of the work is scientific substantiation and experimental confirmation of the expediency of using potassium-based water to improve the quality of bread and study the impact of potassium-enriched diets on the physical performance of students.

**Methods.** The effect of potassium cations on the activity of proteolytic enzymes in wheat flour was evaluated by the yield of raw and dry gluten from the dough, which was prepared on potassium-cationized and distilled water. Gluten in the experiments was washed from the dough after aging for 1.5 hours. Maltase activity by Reuter's method was defined as the time (in minutes) during which 1 g of yeast releases 20 ml of CO<sub>2</sub> when it reacts with a maltose solution. Physical performance was determined by heart rate (HR) when performing a certain dosage load by stepergometry.

**Results.** The influence of potassium cations on the activity of proteolytic enzymes of wheat flour has been studied. It was found that when using potassium-based water, the yield of raw gluten increases significantly. The yield of dry gluten decreases to the same extent, which is a positive factor in the

*technology of baking. It is proved that the enrichment of the baking environment of baker yeast with potassium cations activates significantly their ability to hydrolyze maltose, which contributes to the activation of the gas formation process. The process of gas formation affects the speed of dough and the quality of the finished bread, in particular its volume, porosity of the crumb and its ability to compress. It is established that the use of bread made on potassium-based water helps to strengthen the tone of the heart muscle, improve the general condition of the body, especially physical endurance and efficiency.*

**Keywords:** *potassium-cationized water, potassium, bread, wheat flour, baker yeast, physical performance, sodium chloride, rations, enzymes, cations.*

# ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-35-40  
УДК 664.5:664.87

*Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Попова С. Ю., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Боднарук О. А., асистент<sup>1</sup>*  
*Пусікова О. А., асистент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ НАПОЇВ З БІОПРОТЕКТОРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

UDC 664.5:664.87

*Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Popova S. Yu., PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Simakova O. O., PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Bodnaruk O. A., Assistant Professor<sup>1</sup>*  
*Pusikova O. A., Assistant Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rig, Ukraine, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua

## RESEARCH OF QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF BEVERAGES WITH BIOPROTECTOR PROPERTIES

**Мета.** Мета статті — дослідити основні показники якості та безпеки напоїв на основі водних екстрактів вичавок із чорної смородини та червоних порічок за визначених термінів зберігання.

**Методи.** Відбір проб проводився згідно вимогам ДСТУ ISO 874-2002, готування проб до лабораторних аналізів — згідно з ДСТУ 7040:2009. При дослідженні фізико-хімічних показників визначалися: вміст сухих речовин у сировині — за ДСТУ ISO 751-2004; масова частка розчинних сухих речовин — рефрактометричним методом за ДСТУ ISO 2173:2007; рН — за ДСТУ 6045:2008; масова частка титрованих кислот (у перерахунку на яблучну кислоту) — за ДСТУ 4957:2008; вміст аскорбінової кислоти — за Б. П. Плешковим. Відбір проб для мікробіологічного аналізу проводився за ГОСТ 26668-85, підготовка проб здійснювалася за ГОСТ 26669-85, культивування мікроорганізмів — за ГОСТ 26670-91. Визначення дріжджів та пліснявих грибів проводилося — за ГОСТ 10444.12-88, бактерій групи кишкових паличок — за ГОСТ 30518-97, молочнокислих мікроорганізмів за ГОСТ 10444.11-94. Визначення токсичних елементів здійснювалося: кадмію — за ДСТУ ISO 6561:2004, свинцю — за ДСТУ ISO 6633:2001, миш'яку — за ДСТУ ISO 6634:2004, цинку — за ДСТУ ISO 6636-2:2004, ртуті — за ДСТУ ISO 6637:2001.

**Результати.** Визначено показники якості та безпеки напоїв на основі водних екстрактів вичавок із чорної смородини та червоних порічок (порічково-черешневий з екстрактом меліси, шовковично-смородиновий з екстрактом немети лимонної). У процесі зберігання протягом 6 місяців у всіх напоях спостерігається збільшення вмісту сухих речовин на 0,2...0,4 %, незначне зниження вмісту титрованих кислот та зменшення рН (у шовковично-чорносмородиновому відповідно на 0,03 % та на 0,4 одиниці). Найбільше змінюється вміст вітаміну С, його кількість знижується на 62,2...80,8 %, але повного руйнування не відбувається. Встановлено,

Надійшла до редакції 15.10.2020 р.

© А. В. Слащева, С. Ю. Попова, О. О. Сімакова,  
О. А. Боднарук, О. А. Пусікова, 2020

що за мікробіологічними та токсикологічними показниками розроблені напої не перевищують встановлених гранично-допустимих концентрацій і відповідають вимогам стандартів.

**Ключові слова:** фізико-хімічні показники, мікробіологічні показники, токсикологічні показники, біопротекторні властивості, ягідні вичавки, напої.

**Постановка проблеми.** Проблема забруднення навколишнього середовища ксенобіотиками в Україні стоїть дуже гостро, особливо у промислово розвинутих регіонах у східній частині країни (Дніпропетровська, Запорізька, Харківська, Донецька області). Причиною є глобальне забруднення навколишнього середовища, складна екологічна ситуація у багатьох промислових регіонах, низький рівень життя, малоефективне використання природних ресурсів, що нас оточують. Розробка нових продуктів харчування, які можуть підвищувати захисні сили людського організму за рахунок вмісту біопротекторних інгредієнтів [1] та корегування дефіциту мікронутрієнтів [2], є актуальною.

Кількість перероблюваної плодово-ягідної рослинної сировини постійно збільшується, отже, прямо пропорційно збільшується і кількість відходів виробництва. Тому їх раціональне використання є актуальним завданням харчовиків та науковців харчової галузі, вирішення якого дозволить значно збільшити вихід готової продукції, підвищити ефективність виробництва, суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища, збагатити раціони українців біологічно активними речовинами, поліпшити органолептичні показники страв та якісний склад харчових продуктів у цілому.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Ягідна сировина — це джерело біологічно-активних речовин, а також природних смако-ароматичних та структуроутворювальних харчових добавок. Аналіз літературних джерел виявив, що при виробництві соків із цієї сировини залишаються відходи, багаті цукрами, органічними кислотами, пектиновими, ароматичними, мінеральними та іншими речовинами [3].

Для отримання соків використовують різноманітну сировину, але особливу цінність стосовно вищенаведеного являють ягідні культури. Вивчення їхнього хімічного складу свідчить, що вони оптимально поєднують нутрієнти та є постачальником органічних кислот, пектинів, вітамінів, ферментів, харчових волокон та флавоноїдних сполук, які зумовлюють виняткову цінність цих культур [4].

Відомо, що смородина чорна (ЧС) та порічки червоні (ПЧ) є багатим джерелом біофлавоноїдів, яким притаманна антимутагенна та антиокислювальна дія, вони приймають участь у профілактиці серцево-судинних захворювань, регулюванні нормальної проникності капілярів та згортанні крові, що зумовлює використання цих ягід, а також продуктів їх переробки в харчуванні як продукції лікувально-профілактичного призначення [5].

За останній час рівень вживання безалкогольних напоїв значно підвищився, причому розширюється асортимент не лише нових видів напоїв, а і збільшується число сегментів у вже існуючих смакових напрямках [6]. На жаль, значна кількість пропонованих напоїв містить штучні інгредієнти, які не несуть в собі цінності [7; 8].

Недоліком сучасних технологій виробництва соків є жорсткі параметри обробки, як сировини, так і готового продукту, що викликає різке зниження їх якісних показників та значну втрату вмісту БАР [9]. У зв'язку з цим пошук нових технологічних прийомів для розробки маловідходних технологій переробки смородини та порічок з отриманням продуктів з підвищеною біологічною активністю є актуальним.

**Мета статті** — дослідження основних показників якості і безпеки напоїв на основі водних екстрактів вичавок із чорної смородини та червоних порічок за визначених термінів зберігання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під час переробки ягід чорної смородини та порічок залишаються відходи у виді залишків шкірочки та насіння у кількості 30...34 % [5; 10]. Враховуючи, що ці ягоди є цінною сировиною зі значним вмістом біофлавоноїдів, вітамінів, мінеральних, барвних та біологічно активних речовин, нами прогнозовано, що відходи (вичавки) мають містити досить суттєву їх кількість. Вичавки чорної смородини та порічок після вилучення соку характеризуються високим вмістом титрованих кислот,

вітаміну С. Вищий вміст поліфенольних сполук у вичавках смородини ніж у сокові зумовлений тим, що вони зосереджені переважно у шкірці ягід.

У вичавках чорної смородини також переважають флавоноли — 39,7 % до загальної маси флавоноїдів вичавок, оксикоричних кислот та антоціанів приблизно однакова кількість — 32,7 та 32,2 %. Серед флавонолів переважає мірицетин — 76,2 % від вмісту у вичавках, з оксикоричних кислот найбільше міститься хлорогенової кислоти — 35,5 %, а серед антоціанів — дельфінідин-3-О-глікозид та цианідин-3-О-глікозид — по 38,4 %.

Отже, загальний вміст біофлавоноїдів у вичавках смородини та порічок ідентичний якісному складу соку. В ягодах чорної смородини (в перерахунку на суху речовину) міститься 1111,7 мг/100 г флавоноїдів, а у вичавках — 362,8 мг/100 г. У вичавках з порічок спостерігається та ж тенденція, проте з меншою різницею. Ягоди в перерахунку на суху речовину містять 227,9 мг/100 г поліфенолів, а вичавки — 48,5 мг/100 г, що в 4,5 рази менше. Ці дані підтверджують повноцінність вичавок як сировини для подальшої переробки.

У попередніх дослідженнях нами було обґрунтовано оптимальні параметри, за яких досягається максимальний вихід сухих речовин з вичавок чорної смородини, а саме: гідромодуль 1:1 та температура 75 °С. При дотриманні цих умов вміст сухих речовин у екстракті становить 5 %. Отримані екстракти доцільно використовувати для виробництва на їх основі напоїв. Експериментальним шляхом були розроблені нові види напоїв з використанням відходів сокового виробництва.

Для поліпшення органолептичних показників, зокрема смаку та аромату, використовувалися настої ароматичних трав — меліси та непети лимонної. Екстракти дозволили створити напої з оригінальними смаком та ароматом, а також уникнути застосування штучних ароматизаторів. Крім того, важливим є використання сировини, вирощеної в Україні, яка містить у своєму складі власні біологічно-активні речовини.

У зразках напоїв, визнаних за сенсорним аналізом кращими, проводили аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників (табл. 1).

**Таблиця 1** — Фізико-хімічні показники напоїв

Найменування напоїв	Масова частка, %		Вміст вітаміну С, мг/100г	рН
	сухих речовин	титрованих кислот		
<b>Порічково-черешневий</b>				
Свіжий	5,6	0,57	4,19	3,15
Через 6 місяців зберігання	6,0	0,57	1,24	3,15
<b>Шовковично-смородиновий</b>				
Свіжий	5,2	0,61	6,86	3,50
Через 6 місяців зберігання	5,4	0,58	1,32	3,12

Отримані напої характеризуються високим вмістом сухих речовин, титрованих кислот та наявністю аскорбінової кислоти. У процесі зберігання протягом 6 місяців у всіх напоях спостерігається збільшення вмісту сухих речовин на 0,2...0,4 %, вміст титрованих кислот у порічково-черешневому напої залишається на первинному рівні, а в шовковично-чорносмородиновому — падає на 0,03 %, рівень рН також зменшується лише в шовковично-чорносмородиновому напої на 0,4 одиниці в кислий бік. Найбільше змінюється вміст вітаміну С, його кількість знижується на 62,2...80,8 %, але повного руйнування не відбувається.

Порічково-черешневий напій з додаванням меліси на вигляд прозорий, без включень та осаду, рожевого кольору, з приємним цитринним ароматом меліси, характерним кисло-солодким смаком. Шовковично-чорносмородиновий напій з додаванням екстракту непети лимонної також характеризується прозорістю, темно-бордовим кольором і легким ароматом чайної рози, має гармонійний освіжаючий смак. За результатами органолептичної оцінки розроблені композиції напоїв мають характерні особливості, що дає право віднести їх до нового виду фруктових напоїв, відмінних від існуючих. За зовнішнім

виглядом напої мають яскраве, насичене забарвлення, характерне для використаної сировини. Поєднання аромату основної сировини та трав дає оригінальний, свіжий, приємний для сприйняття запах.

Було визначено показники безпеки розроблених напоїв, а саме: мікробіологічні та токсикологічні показники (табл. 2–3).

**Таблиця 2** — Мікробіологічні показники напоїв ( $n = 3, \leq 0,05$ )

Показник	Допустимий рівень	Фактичне значення	
		порічково-черешневий напій	шовковично-смородиновий напій
КМАФАнМ, КУО в 1,0 г, не більше	$5,0 \times 10^1$	$1,2 \times 10^1$	$1,15 \times 10^1$
БГКП (колі-форми) в $\text{дм}^3$	Не допускається	Не ідентифіковано	
Молочнокислі мікроорганізми, КУО в 1,0 г	Не допускається	Не ідентифіковано	
Дріжджі, КУО в 1,0 г	Не допускається	Не ідентифіковано	
Плісняві гриби, КУО в 1,0 г	Не більше 5,0	1,3	1,1

Проведеними дослідженнями доведено (табл. 2), що у виготовлених напоях бактерії групи кишкової палички, молочнокислі мікроорганізми, дріжджі в  $\text{дм}^3$  та 1,0 г не виявлені; кількість МАФАнМ в 1 г становить  $1,15-1,2 \times 10^1$  КУО, пліснявих грибків —  $1,1-1,3$  г КУО, що не перевищує встановлених норм.

Визначено вміст токсичних елементів (металевих ксенобіотиків), що нормуються у напоях (табл. 3).

**Таблиця 3** — Токсикологічні показники напоїв ( $n = 3, \leq 0,05$ )

Показник	Одиниця вимірювання	Гранично допустимі рівні, мг/кг, не більше ніж	Фактичне значення, мг/кг	
			порічково-черешневий напій	шовковично-смородиновий напій
Свинець	мг/кг	0,4	$0,18 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,01$
Кадмій	мг/кг	0,03	Не ідентифіковано	Не ідентифіковано
Миш'як	мг/кг	0,2	Не ідентифіковано	Не ідентифіковано
Ртуть	мг/кг	0,02	Не ідентифіковано	Не ідентифіковано
Мідь	мг/кг	5,0	$1,31 \pm 0,02$	$1,12 \pm 0,02$
Цинк	мг/кг	10,0	$0,72 \pm 0,01$	$0,55 \pm 0,01$

Результати досліджень токсикологічних показників доводять, що напої, виготовлені за розробленими рецептурами, відповідають вимогам стандартів. Таким чином, за результатами фізико-хімічних, мікробіологічних і токсикологічних досліджень встановлено, що розроблені напої відповідають вимогам якості та безпечності. Отримані результати будуть використані при розробці технічних умов для нових напоїв.

**Висновки.** Визначено показники якості та безпеки напоїв на основі водних екстрактів вичавок із чорної смородини та червоних порічок (порічково-черешневий з екстрактом меліси, шовковично-смородиновий з екстрактом непети лимонної). У процесі зберігання протягом 6 місяців у всіх напоях спостерігається збільшення вмісту сухих речовин на  $0,2...0,4$  %, незначне зниження вмісту титрованих кислот та зменшення рН (у шовковично-чорносмородиновому відповідно на  $0,03$  % та на  $0,4$  одиниці). Найбільше змінюється вміст вітаміну С, його кількість знижується на  $62,2...80,8$  %, але повного руйнування не відбувається. Встановлено, що за мікробіологічними та токсикологічними показниками розроблені напої не перевищують встановлених гранично-допустимих концентрацій і відповідають вимогам стандартів.

## Список літератури

1. Козлова Н. А. Совершенствование промышленной технологии плодоовощных пюре и соков с применением ферментных препаратов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Москва, 2009. 154 с.
2. Пилипенко И. В. Разработка технологии плодовых соков с повышенной сохраняемостью биологически активных веществ : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.13. Одесса, 2008. 281 с.
3. Хомич Г. П. Наукові основи технології переробки фруктово-ягідної дикорослої сировини : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13. Одеса, 2012. 366 с.
4. Гніщевич В. А., Слащева А. В., Івашенко М. В. Обґрунтування можливості використання ферментних препаратів у технологіях рослинних напівфабрикатів з підвищеним вмістом пектинових речовин. *Вісник ДонНУЕТ. Серія : Технічні науки*. 2014. №1 (58). С. 37–45.
5. Хомич Г. П., Капрельянц Л. В. Фенольні сполуки дикорослих плодів та ягід: склад, властивості, зміни при переробці : монографія. Полтава : ПУЕТ, 2013. 217 с.
6. Ptichkina N. M., Markina O. A., Romyantseva G. N. Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food hydrocolloids*. 2008. № 22. P. 192–195.
7. Голубев В. Н., Ильина О. А. Технология овощефруктовых паст с активированным пектином. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2012. № 10. С. 32–33.
8. Малюк Л. П., Давидова О. Ю., Балацька Н. Ю. Дослідження радіопротекторних властивостей розроблених соусів з малини та бузини. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2008. Вип. 18. Т. 1. С. 302–308.
9. Джамалдинова Б. А. Получение и применение полуфабрикатов дикорастущих плодов для обогащения кондитерских изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01. Воронеж, 2007. 188 с.
10. Шевченко О. В. Технологія солодких страв і соусів із вітапектином та фітосорбентом : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16. Київ, 2012. 192 с.

## References

1. Kozlova, N. A. (2009). *Sovershenstvovanie promyishlennoy tehnologii plodoovoschnykh pyure i sokov s primeneniem fermentnykh preparatov* [The improvement of industrial technology of fruit and vegetable puree and juices with the use of enzyme preparations. Thesis of Grand PhD in Engineering sciences]. Moscow, 154 p.
2. Pilipenko, I. V. (2008). *Razrabotka tehnologii plodovih sokov s povyishennoy sohranyaemostyu biologicheskii aktivnykh veschestv* [Development of technology for fruit juices with high persistence of biologically active substances. Thesis of PhD in Engineering sciences]. Odessa, 281 p.
3. Homych, G. P. (2012). *Naukovi osnovi tehnologiyi pererobky fruktovo-yahidnoyi dikorosloyi syrovyny* [Scientific bases of the processing technology of fruit and berries wild-growing raw materials. Thesis of Grand PhD in Engineering sciences]. Odessa, 366 p.
4. Gnitsevich, V. A., Slashcheva, A. V., Ivashchenko, M. V. (2014). *Obhruntuvannia mozhyvosti vykorystannia fermentnykh preparativ u tekhnolohiyakh roslynnykh napivfabrykativ z pidvischenym vmistom pektynovykh rechovykh* [The application possibility substantiation of enzymatic preparations in the technologies of vegetable raw materials with a high content of pectin substances]. *Visnik DonNUET, Part: Tehnichni nauki* [Bulletin of DonNUET. Series : Technical Sciences], no. 1 (58), pp. 37–45.
5. Homich, G. P., Kaprelyants, L. V. (2013). *Fenolni spoluky dikoroslykh plodiv ta yahid: sklad, vlastyosti, zminy pry pererobtsi* [Phenolic compounds of wild fruits and berries: composition, properties, changes during processing]. Poltava, PUET Publ., 217 p.
6. Ptichkina, N. M., Markina, O. A., Romyantseva, G. N. (2008). Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food hydrocolloids*, no. 22, pp. 192–195.
7. Golubev, B. N., Ilina, O. A. (2012). *Tehnologiya ovoschefruktovykh past s aktivirovannyim pektinom* [The technology of vegetable and fruit pastes with an activated pectin]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria* [Storage and processing of agricultural raw materials], no. 10, pp. 40–42.

8. Maliuk, L. P., Davydova, O. Yu., Balatska, N. Yu. (2008). *Doslidzhennia radioprotekturnikh vlastyvostey rozroblenykh sousiv z malini ta buzyny* [Study of radioprotective properties of the developed sauces from raspberry and elderberry]. *Obladnannia ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv* [Equipment and technologies of food production], no. 18 (1), pp. 302–308.

9. Dzhamaaldinova, B. A. (2007). *Poluchenie i primeneniye polufabrikatov dikorastuschih plodov dlya obogascheniya konditerskih izdeliy* [The receipt and use of semi-wild fruits for enrichment of confectionery products. Thesis of Grand PhD in Engineering sciences]. Voronezh, 188 p.

10. Shevchenko, O. V. (2012). *Tekhnolohiya solodkykh strav i sousiv iz vitapektinom ta fitosorbentom* [Technology of sweet dishes and sauces with vitapectin and phytosorbent. Thesis of Grand PhD in Engineering sciences]. Kyiv, 192 p.

**Objective.** *The purpose of the article is to develop technologies of drinks based on water extracts from black and red currants marc and to determine the main indicators of their quality and safety at certain periods of storage.*

**Methods.** *Sampling was conducted according to requirements of DSTU ISO 874-2002, the preparation of samples for laboratory tests was conducted according to DSTU 7040:2009. In the study physico-chemical parameters were determined: the content of dry substances in raw material according to DSTU ISO 751-2004; the mass fraction of soluble solids by refractometric method according to DSTU ISO 2173:2007; pH according to DSTU 6045:2008; the mass fraction of mitrofanych acid (calculated as malic acid) according to DSTU 4957:2008; the content of ascorbic acid by Pleshkov method. Sampling for microbiological analysis was carried out according to GOST 26668-85, sample preparation was carried out in accordance with GOST 26669-85, cultivation of microorganisms GOST 26670-91. Determination of yeasts and molds was carried out according to GOST 10444.12-88, determination of bacteria of group of intestinal sticks was carried out according to GOST 30518-97, lactic acid microorganisms was carried out according to GOST 10444.11-94. Determination of toxic elements was carried out: cadmium — according to DSTU ISO 6561:2004, lead — according to DSTU ISO 6633:2001, arsenic — DSTU ISO 6634:2004, zinc — according to DSTU ISO 6636-2:2004, mercury — DSTU ISO 6637:2001.*

**Results.** *It is developed two technologies of beverages based on water extracts from the marc of black and red currants (redcurrant-sweetcherry with lemongrass extract, mulberry-blackcurrant with lemon catnip extract). During storage for 6 months in both drinks there is an increase in the dry matter content by 0.2...0.4 percent, a slight decrease in the content of titrated acids and decrease of pH (mulberry-blackcurrant, respectively by 0.03 % and 0.4 units). Most of all, the content of vitamin C changes, its amount is reduced by 62.2...80.8 %, but complete destruction does not occur. It is established that microbiological and toxicological indicators of the developed drinks do not exceed the established maximum permissible concentrations and meet the requirements of standards.*

**Key words:** *physicochemical parameters, microbiological indicators, toxicological indicators, bioprotective properties, berry pomace, beverages.*



*Сильчук Т. А., д-р техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Фурманова Ю. П., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Павлюченко О. С., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна, e-mail: furmanovajp@ukr.net

## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ БОРОШНЯНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

UDK 664.6: 633.35, 633.491

*Sylchuk T. A., Grand PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Furmanova Y. P., PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Pavliuchenko E. S., PhD in Technical sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: furmanovajp@ukr.net

## THEORETICAL BACKGROUND FOR THE CREATION OF FLOUR MIXTURE DESIGNED FOR RESTAURANT ENTERPRISES

**Мета.** Мета статті — проаналізувати сучасний ринок борошняних сумішей для виготовлення хліба, борошняних виробів та страв. Запропонувати шляхи удосконалення рецептурного складу та розширення асортименту борошняних сумішей для закладів ресторанного господарства. Встановити ефективність включення до складу борошняних сумішей фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів, таких як харчові волокна картоплі та солод житній ферментований. Дослідити особливості та встановити раціональні способи приготування тіста із запропонованих борошняних сумішей. Оцінити органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів на основі борошняних сумішей. Визначити вплив розроблених сумішей на харчову та енергетичну цінність готової продукції.

**Методи.** У роботі було використано методи аналізу, порівняння, системного підходу, загально прийняті і спеціальні методиками. Загальний хімічний склад борошняних сумішей та аналіз якості готових хлібобулочних виробів було визначено за стандартними методиками.

**Результати.** Проведено аналіз ринку борошняних сумішей та встановлено доцільність включення до їх складу функціональних інгредієнтів. Вивчено хімічний склад і фізико-хімічні властивості харчових волокон картоплі та солоду житнього ферментованого, виявлено можливість їх застосування у виробництві борошняних сумішей для закладів ресторанного господарства. На основі проведених досліджень рецептурного складу та технологічних аспектів виробництва запропоновано два зразки борошняних сумішей із функціональними добавками для виробництва житньо-пшеничного хліба. Проведено порівняльну оцінку готових виробів з контрольним зразком — хлібом «Столичним» за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Визначено харчову та енергетичну цінності отриманих виробів. Експериментально підтверджена доцільність використання борошняних сумішей у закладах ресторанного господарства з метою розширення асортименту функціональних хлібобулочних виробів.

**Ключові слова:** хліб, харчові волокна картоплі, солод житній ферментований, тісто, борошняні суміші.

**Постановка проблеми.** Створення індустрії здорового харчування, основою якої стануть нові технології та нові харчові продукти, визначається необхідністю забезпечити населення країни здоровим, функціональним харчуванням як основним елементом підви-

щення якості життя людини, поліпшення стану її здоров'я та забезпечення майбутнього нації. Усе більшої популярності серед виробників продукції ресторанного господарства України знаходять нові харчові продукти — борошняні суміші. Це обумовлено простотою та швидкістю виготовлення з них готових виробів.

Борошняна суміш — це суміш різних сортів борошна та іншої сировини у відповідному співвідношенні для виробництва хлібних виробів, борошняних страв та кондитерських виробів тощо. Такі суміші у своєму складі містять всі необхідні інгредієнти для виробництва хліба, борошняних виробів чи страв.

Традиційними для населення нашої країни є хлібобулочні вироби із суміші житнього та пшеничного борошна. Проте складність технології їх виготовлення обмежує виробництво таких виробів на мінівиробництвах, зокрема в умовах закладів ресторанного господарства.

У зв'язку з цим надзвичайно важливим питанням є розширення асортименту, підвищення смакових переваг, поліпшення хімічного складу, а також прискорення і вдосконалення процесу приготування хлібобулочних виробів у закладах ресторанного господарства шляхом використання борошняних сумішей [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні у виробництві житніх і житньо-пшеничних сортів хліба в закладах ресторанного господарства широко використовують комплексні поліпшувачі, які містять ферментні препарати, емульгатори, підкислювачі, солод або солодові препарати, органічні кислоти тощо. Розроблений в НУХТ підкислювач «Оптимальний-1» застосовується для прискорення виготовлення хліба, поліпшення якості і збереження свіжості пшеничного і житньо-пшеничного хліба [2]. Він містить лимонну і аскорбінову кислоту, суху молочну сироватку, камедь гуару, суміш ферментних препаратів та солод житній ферментований. Підкислювач дає можливість виробляти хлібні вироби з поліпшеними структурно-механічними властивостями зі зменшенням тривалості виробничого процесу [2; 3; 4].

Для підвищення харчової та споживчої цінностей хлібобулочних виробів актуальним є застосування нетрадиційних видів сировини тваринного і рослинного походження, яка багата на фізіологічно функціональні інгредієнти.

Серед фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів важливе значення для здоров'я людини у профілактиці та лікуванні низки захворювань мають харчові волокна. Доцільним у цьому напрямі є використання продуктів переробки зерна, зокрема солоду, та нової нетрадиційної сировини, а саме харчових волокон картоплі, які містять велику кількість харчових волокон, макро- та мікроелементів [5; 6; 7].

Харчові волокна картоплі (ХВК) — це гіпоалергенний та тонкодисперсний порошок світло-сірого кольору. До складу ХВК входять геміцелюлози, пектинові речовини, целюлоза і лігнін. Харчові волокна картоплі сприятимуть виведенню з організму важких металів, покращенню обміну речовин. Харчові волокна покращують роботу шлунково-кишкового тракту, а також є хорошим засобом у боротьбі з ожирінням.

Харчові волокна картоплі мають високі гідрофільні властивості і здатні зв'язувати до 10–15 г води на 1 г продукту [6]. Завдяки високій вологоутримувальній і жирозв'язувальній здатності їх доцільно використовувати для збагачення хлібобулочних виробів. Харчові волокна картоплі характеризуються високою вологопоглинальною здатністю, що сприяє підвищенню виходу готових виробів.

Солод — це продукт штучного пророщення зерна, переважно ячменю та жита, рідше рису, пшениці, вівса та проса, у спеціально створених і регульованих умовах. Пророщування використовують для активізації в зерні гідролітичних ферментів, в основному амілолітичних і протеолітичних. Для ферментації солоду пророщене зерно деякий час витримують при підвищеній температурі. Завдяки цьому солод втрачає вологу, набуває характерного приємного специфічного смаку, аромату та кольору — від жовто-коричневого до червоно-коричневого [8].

У дослідженнях використовували солод житній ферментований, який містить 70 % вуглеводів, близько 10 % білка та 2 % жиру. Нині його широко використовують для при-

готування житніх, житньо-пшеничних, солодових сортів хліба, пряників, печива, кексів, напоїв та квасу [8; 9; 10; 11].

**Мета статті** — розроблення борошняних сумішей, збагачених функціональними харчовими інгредієнтами, для виробництва житньо-пшеничного хліба у закладах ресторанного господарства.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У роботі в якості контрольного зразка, як об'єкт дослідження було обрано стандартну рецептуру хліба «Столичний» (ДСТУ 4583:2006), який готували за прискороною технологією з використанням підкислювача «Оптимальний-1».

Для досліджень було розроблено 2 зразки борошняних сумішей. До складу першого зразка борошняної суміші (БС № 1), для виготовлення хліба, збагаченого харчовими волокнами картоплі, ввійшли: житнє і пшеничне борошно, сухі хлібопекарські дріжджі, сіль, цукор, підкислювач «Оптимальний-1» та додатково внесені 5 % харчових волокон картоплі від загальної маси борошна. Кількість внесення волокон встановлювали з розрахунку забезпечення 30–50 % від добової потреби організму в харчових волокнах при споживанні загальноприйнятої добової маси хліба, збагаченого харчовими волокнами.

До складу другого зразка борошняної суміші (БС № 2), для виготовлення хліба заварного ввійшли: житнє і пшеничне борошно, сухі хлібопекарські дріжджі, сіль, цукор, підкислювач «Оптимальний-1», солод житній ферментований.

Тісто готували прискореним способом. До готової сухої борошняної суміші додавали підготовлену воду  $t = 32\text{--}34^\circ\text{C}$  та замішували тісто вологістю 47 %. Тривалість бродіння тіста становила 60 хвилин. Вистоювання сформованих напівфабрикатів здійснювалось до готовності. Випікання виробів проводили в пекарській шафі при температурі  $200^\circ\text{C}$ .

Для оцінки якості хлібобулочних виробів, виготовлених з використанням сухої борошняної суміші із додаванням харчових волокон картоплі, в хімічних лабораторіях Національного університету харчових технологій було проведено низку фізико-хімічних та органолептичних досліджень. Визначали кислотність, вологість тіста та якість готових виробів за стандартними методиками [1]. Результати досліджень наведено в табл. 1.

**Таблиця 1** — Показники технологічного процесу та якості дослідних зразків хліба на основі борошняних сумішей

Показники якості	Хліб «Столичний» (контроль)	Хліб, збагачений ХВК (на основі БС № 1)	Хліб «Заварний» (на основі БС № 2)
Кислотність тіста кінцева, град	7,2	7,4	7,6
Тривалість бродіння, хв	60	60	60
Тривалість вистоювання, хв	50	40	30
Хліб			
Питомий об'єм, $\text{cm}^3/100\text{г}$	196	196	210
Пористість, %	63	63	63
Кислотність, град	6,2	6,4	6,8
Характеристика м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу		
Характеристика пористості	Рівномірна, дрібна, тонкостінна		
Смак та аромат	Властивий даному виробу, без стороннього присмаку та запаху.		

За результатами досліджень встановили, що використання борошняної суміші з харчовими волокнами картоплі (БС № 1) та солодом житнім ферментованим (БС № 2) підвищує кінцеву кислотність тіста внаслідок вмісту в них нетрадиційної сировини, в результаті чого кислотність хліба дещо збільшується порівняно з контрольним зразком.

За рахунок внесення підкислювача «Оптимальний-1» значно скоротився термін бродіння тіста, що позитивно впливає на тривалість приготування хліба та дозволяє рекомендувати цю технологію для закладів ресторанного господарства. Аналіз органолептичної оцінки якості готових виробів показав, що додавання харчових волокон картоплі

до складу борошняних сумішей позитивно впливає на якість готових виробів, оскільки покращується не тільки зовнішній вигляд, а насамперед хліб набуває приємного смаку та запашного аромату. Також додавання волокон покращує пористість хліба, колір та стан м'якушки хліба на основі борошняних сумішей.

Харчова цінність — це комплекс властивостей харчових продуктів, що забезпечують фізіологічні потреби організму людини в основних поживних речовинах та енергії. Хімічний склад та енергетичну цінність готових виробів визначали розрахунковим методом (табл. 2).

**Таблиця 2** — Порівняльна характеристика хімічного складу та енергетичної цінності 100 г дослідних зразків хліба на основі борошняних сумішей

№	Показники	Хліб «Столичний» (контроль)	Хліб збагачений ХВК (на основі БС № 1)	Хліб «Заварний» (на основі БС № 2)
1	Білки, г	6,25	5,82	6,32
2	Жири, г	0,98	0,92	1,01
3	Вуглеводи, г	39,2	37,2	49,2
4	Харчові волокна, г	3,5	7,4	3,8
5	Калорійність, ккал	190,7	180,1	210,2

Аналізуючи дані табл. 2, слід зазначити, що внесення до складу борошняної суміші харчових волокон картоплі сприяє значному підвищенню вмісту харчових волокон в готових виробах, а додавання солоду житнього ферментованого — збільшенню вмісту білка. При цьому калорійність всіх зразків хліба залишається в межах 180...210 ккал в 100 г хліба.

**Висновки.** Таким чином, аналізуючи вимоги концепції збалансованого і здорового харчування сучасної людини можна зробити висновок, що для закладів ресторанного господарства доцільно використовувати вже готові борошняні суміші для стандартних рецептур випічки хліба, борошняних виробів та страв, котрим споживачі надають перевагу.

Удосконалення рецептури цих борошняних сумішей функціональними інгредієнтами дозволить не лише покращити органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів, але й перетворити звичайний хліб на джерело необхідних та корисних нашому організму функціональних інгредієнтів.

#### Список літератури

1. Інноваційні технології дієтичних та оздоровчих хлібобулочних виробів : монографія / за ред. чл.-кор. НААН В. І. Дробот. К. : Кондор, 2016. 238 с.
2. Патент 1123908 UA, МПК A21D 8/04. Склад комплексного підкислювача «Оптимальний-1» / Кулініч В. І, Сильчук Т. А, Дробот В. І., Цирульнікова В. В. ; заявник Національний університет харчових технологій. № 2015 01348; заявл. 18.02.2015, опубл. 10.11.2016, бюл. № 21.
3. Sylchuk T., Bilyk O., Kovbasa V., Zuiko V. Investigation of the effect of multicomponent acidulants on the preservation of freshness and aroma of rye-wheat bread. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Iss. 5/11 (89). P. 4–9.
4. Сильчук Т. А., Зуйко В. І., Цирульнікова В. В. Дослідження зміни фізичних властивостей житньо-пшеничного тіста при використанні підкислювачів. *Харчова наука і технологія*. 2016. Том 10. Вип. 1. С. 49–53.
5. Сахно О. С. Нова продукція на основі спельти для ресторанного господарства / О. С. Сахно, О. О. Гришук, Ю. П. Фурманова, О. С. Павлюченко. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. Серія : Харчові технології*. 2019. Т. 21. № 91. С. 54–59.
6. Сильчук Т. А., Назар М. І. Аналіз впливу клітковини картоплі на основні процеси в тісті. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22. № 4. С. 199–204.

7. Silchuk T., Nazar M., Golikova T. Research on technological properties of potato cellulose for bread production. *Journal of Faculty of Food Engineering, Food and Environment safety*. 2016. Vol. XV, iss. 4. P. 299–305.

8. Романченко Н. М., Риндін А. В., Павлюченко О. С. Доцільність використання солоду житнього ферментованого в технології кексів. *Харчова промисловість*. 2019. № 25. С. 39–45.

9. Чурсінов Ю. О., Ковальова О. С., Філіпенко Д. В., Петровенко В. В. Технологічні особливості сушіння житнього ферментативного солоду. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2015. № 41, С. 144–151.

10. Горьовий О. О., Цюра К. П., Юхно В. М. Житній і вівсяний солод — доцільність використання у дитячому харчуванні. *Актуальні питання технології продукції тваринництва : зб. статей за результатами II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, 26–27 жовтня 2017 року. Полтава, 2017*. С. 169–175.

11. Грек О. В., Красуля О. О. Сухі суміші сироватки з солодом для ферментованих напоїв. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2012. Вип. 29. С. 190–194.

### References

1. Drobot, V., (2016). *Innovatsiini tekhnologii diietychnykh ta ozdorovchykh khlibobulochnykh vyrobiv* [Innovative technologies of dietary and health bakery products]. Kyiv, Kondor Publ., 238 p.

2. Kulinich, V. I., Sylchuk, T. A., Drobot, V. I., Tsyrunnikova, V. V. (2016). *Sklad kompleksnoho pidkysliuvacha «Optymalnyi-1»* [The composition of the complex acidifier “Optymalnyi-1”]. Patent 1123908 UA, no. 201501348.

3. Sylchuk, T., Bilyk, O., Kovbasa, V., Zuiko, V. (2017). [Investigation of the effect of multicomponent acidulants on the preservation of freshness and aroma of rye-wheat bread]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 5/11 (89), pp. 4–9.

4. Sylchuk, T. A., Zuiko, V. I., Tsyrunnikova, V. V. (2016). *Doslidzhennia zminy fizychnykh vlastyivostei zhytno-pshenychnoho tista pry vykorystanni pidkysliuvachiv* [Investigation of changes in the physical properties of rye-wheat dough when using acidifiers.]. *Kharchova nauka i tekhnologhiia* [Food science and technology], vol. 10, iss. 1, pp. 49–53.

5. Sakhno, O. S., Hryshchuk, O. O., Furmanova, Yu. P., Pavliuchenko, O. S. *Nova produktsiia na osnovi spelyi dlia restorannoho hospodarstva* [New products based on spelled for the restaurant industry]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S. Z. Gzhytskoho* [Scientific bulletin Stepan Gzhytsky NUVMBL], vol. 21, no. 91, pp. 54–59.

6. Sylchuk, T. A., Nazar, M. I. (2016). *Analiz vplyvu klitkovyny kartopli na osnovni protsesy v tisti* [Analysis of the influence of potato fiber on the main processes in the dough]. *Naukovi pratsi NUKhT* [Scientific works of NUHT], vol. 22, no. 4, pp. 199–204.

7. Silchuk, T., Nazar, M., Golikova, T. (2016). Research on technological properties of potato cellulose for bread production. *Journal of Faculty of Food Engineering, Food and Environment safety*, vol. XV, is. 4, pp. 299–305.

8. Romanchenko, N. M., Ryndin, A. V., Pavliuchenko, O. S. (2019). *Dotsilnist vykorystannia solodu zhytnoho fermentovanoho v tekhnologii keksiv* [The expediency of using fermented rye malt in the technology of cupcakes]. *Kharchova promyslovisht* [Food Industry], no. 25, pp. 39–45.

9. Chursinov, Yu. O., Kovalova, O. S., Filipenko, D. V., Petrovenko, V. V. (2015). *Tekhnologichni osoblyvosti sushinnia zhytnoho fermentatyvnoho solodu* [Technological features of drying rye enzymatic malt]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu* [Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University], no. 41, pp. 144–151.

10. Horovyi, O. O. (2017). *Zhytnii i vivsiany solod — dotsilnist vykorystannia u dytiachomu kharchuvanni* [Rye and oat malt — the feasibility of using in child nutrition]. *Aktualni pytannia tekhnologii produktsii tvarynnytstva* [Topical issues of technology of livestock products: Collection of articles on the results of the II All-Ukrainian scientific-practical Internet conference]. Poltava, pp. 169–175.

11. Hrek, O. V., Krasulia, O. O. (2012). *Sukhi sumishi syrovatky z solodom dlia fermentovanykh napoiv* [Dry mixtures of whey with malt for fermented beverages]. *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Equipment and technology of food production], no. 29, pp. 190–194.

**Objective.** *To analyze the modern market of flour mixtures for the bread manufacture, flour products and dishes. The purposes of the article are: to suggest the ways to improve the recipe and expand the range of flour mixtures for restaurants; to establish the effectiveness of inclusion of physically functional food ingredients such as potato dietary fiber and fermented rye malt in the compositions of flour mixtures; to investigate the features of the proposed flour mixtures and establish rational ways of its using while preparing the dough; to evaluate organoleptic and physicochemical quality indicators of foods made with the use of proposed flour mixtures; to determine the impact of the developed mixtures on the nutritional and energy value of foods.*

**Methods.** *In the work there were used methods of analysis, comparison, and system approach as well as standard and special techniques. The total chemical composition of flour mixtures and quality analysis of baked foods were determined by standard methods.*

**Results.** *The analysis of the flour mixture market was carried out and the expediency of functional ingredients inclusion in the flour mixtures was established. It was investigated the chemical composition and physicochemical properties of potato dietary fibers and fermented rye malt. The possibility of their use in the production of flour mixtures for restaurants was revealed. Based on the research of the prescription and technological aspects of production of two samples of flour mixtures made with functional additives for the production of rye-wheat bread were proposed. A comparative evaluation of baked food with a control sample (bread “Stolychnyi”) by organoleptic and physicochemical parameters was made. The nutritional and energy values of new foods were determined. The expediency of using flour mixtures in restaurants in order to expand the range of functional bakery foods was experimentally confirmed.*

**Keywords:** *bread, potato dietary fiber, fermented rye malt, dough, flour mixtures.*

# УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-47-56  
УДК 664.8.036-047.37

*Дмитревський Д. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Перекрест Н. Г., асистент<sup>2</sup>*  
*Перекрест В. В., асистент<sup>2</sup>*  
*Гейер Г. В., д-р екон. наук, професор<sup>2</sup>*  
*Расчехмаров І. В., студент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна, e-mail: oborud.hduht@gmail.com, dmitrevskyidv@gmail.com

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ПЛОДІВ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ЯБЛУЧНОГО ПЮРЕ

UDC 664.8.036-047.37

*Dmytrevskiy D. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Perekrest N. G., Assistant Professor<sup>2</sup>*  
*Perekrest V. V., Assistant Professor<sup>2</sup>*  
*Heiier H. V., Grand PhD in Economy sciences,  
Professor<sup>1</sup>*  
*Raschekhmarov I. V., Student<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Kharkiv State University of Food Technology and Trade (Kharkiv, Ukraine), e-mail: oborud.hduht@gmail.com

<sup>2</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua

## DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE PROCESS OF HEAT TREATMENT OF FRUITS IN THE MANUFACTURE OF APPLE PUREE

**Мета.** Метою статті є визначення раціональних параметрів процесу термічної обробки плодів під час виготовлення яблучного пюре.

**Методи.** Розроблений комбінований спосіб виготовлення яблучного пюре складається з процесу термічної обробки плодів парою та їх подальшого механічного подрібнення. Основним завданням під час проведення досліджень комбінованого процесу виготовлення яблучного пюре було визначення раціональної тривалості термічної обробки, оскільки теплова обробка яблук є одним із основних етапів у процесі отримання яблучного пюре. Сировину піддають термічній обробці, яку проводять у водяній парі, в гарячій воді, а також під час контакту з поверхнею нагрівання, перед різанням, подрібненням і протиранням. Для дослідження впливу термічної обробки на сировину було спроектовано та виготовлено експериментальну установку. Основними факторами були обрані надлишковий тиск пари та температура. Початковим параметром була питома сила проникнення індентора. Експерименти проводилися на різних сортах яблук з різним вмістом твердих речовин.

**Результати.** Проаналізовано існуючі технології приготування яблучного пюре. Доведено необхідність вдосконалення процесу виготовлення яблучного пюре та обладнання для його реалізації. Обґрунтовано актуальність проведення експериментальних досліджень для визначення раціональних параметрів стадії термічної обробки. Отримано залежності впливу па-

Надійшла до редакції 12.10.2020 р. © Д. В. Дмитревський, Н. Г. Перекрест,  
В. В. Перекрест, Г. В. Гейер, І. В. Расчехмаров, 2020

раметрів термообробки на структурно-механічні властивості сировини. Було встановлено, що збільшення тиску пари і тривалості процесу термообробки збільшує глибину теплової обробки яблука і зменшує зусилля проникнення продукту.

Отримано залежність питомих зусиль проникнення яблук від надлишкового тиску пари та тривалості термічної обробки гарячої пари для різних сортів яблук. Було встановлено, що на глибину термічної обробки поверхневого шару яблук впливають різні сорти плодів та термін зберігання. Глибина термічної обробки яблук під час бланшування збільшується зі збільшенням тиску.

Визначено, що після процесу теплової обробки яблук величина сили тиску різання буде різною. Встановлено, що на силу різання впливає тиск пари, тривалість процесу термообробки, термін зберігання, а також такий показник, як сорт яблук. Визначено, що після процесу термічної обробки зусилля зрізання яблук літнього сорту менше, ніж зусилля зрізання яблук зимового сорту. Зі збільшенням терміну зберігання яблук цінність нарізки після її термічної обробки зростає.

Експериментально доведено, що за однакових параметрів термообробки глибина термічної обробки яблук буде більшою для яблук, що мають менші геометричні розміри. Але встановлено, що різниця в глибині термічної обробки яблук суттєво не відрізняється залежно від геометричних розмірів. Ці дані вказують на те, що різниця у впливі процесу теплової обробки парю надлишкового тиску на яблуко, що відрізняється геометричними розмірами, є незначною і дозволяє проводити комбінований процес обробки, що, у свою чергу, суттєво зменшить складність та енергоємність процесу переробки. Визначено раціональні параметри процесу термічної обробки плодової сировини.

**Ключові слова:** яблучне пюре, термічна обробка, протирання, пенетрація, зусилля різання, подрібнення, концентрування пюре.

**Постановка проблеми.** Продукти харчування рослинного походження мають важливе значення в раціоні харчування. У ресторанному господарстві, крім свіжих плодів і овочів, застосовуються перероблені продукти з плодів і овочів.

Розповсюдженими продуктами переробки плодів і ягід є повидло, варення, джеми, цукати і плодово-ягідне пюре, склад і корисні властивості яких практично повною мірою визначаються складом виду сировини, що переробляється, і технологією отримання продукту. На сьогодні пріоритетними завданнями консервного виробництва є створення технології для збільшення випуску харчової продукції підвищеної харчової цінності, мінімізації витрат корисних біологічно активних речовин, максимального використання природного потенціалу сировини. Цей вид продукції затребуваний багатьма кондитерськими підприємствами і підприємствами ресторанного господарства. Плодово-ягідне стерилізоване пюре являє собою подрібнену м'якоть плодів, ягід без шкірки, кісточок, волокон, насіння. Всі візуальні і смакові параметри повинні збігатися з вихідними ягодами і плодами. Колір яблучного пюре за нормами — від світло-жовтого кольору до кремового. Пюре консервоване виробляється шляхом теплової стерилізації зі свіжих протертих плодів, ягід і овочів одного або декількох видів з додаванням цукру або без нього [1].

Одним із найбільш поширених видів плодово-ягідної продукції тривалого зберігання є консерви. Фруктові консерви становлять понад 80 % обсягу випуску консервів для дитячого харчування. Найбільш широко розповсюдженими є пюреподібні фруктові консерви, які за харчовою цінністю майже не поступаються свіжим плодам, а за засвоюваністю навіть перевершують їх.

Недоліками існуючих випарних апаратів для виробництва пюреподібних концентратів є недостатня збалансованість хімічного складу одержуваного пюреподібного концентрату через неможливість переробки декількох видів продукції, значні матеріальні та енергетичні витрати, зумовлені необхідністю перевантажувальних і транспортних операцій між машинами, встановленими в лінії, низька продуктивність, обумовлена витратою часу на допоміжні операції [2].



**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основною сировиною для виробництва фруктових пюре є яблука, груші, абрикоси, сливи, малина, чорна смородина, шипшина та інші фрукти і ягоди.

З метою скорочення обсягів зберігання плодкових і овочевих рідких напівфабрикатів, а також для отримання готового консервованого продукту на підприємствах використовується процес концентрування, сутність якого полягає в підвищенні концентрації розчинених речовин за рахунок видалення води шляхом випаровування, виморожування, ультрафільтрації [3].

Видалення вологи з продукту під час кипіння є найбільш широко розповсюдженим способом концентрування.

Харчові продукти, що піддаються концентруванню, являють собою складну систему, в якій, крім розчинених у воді цукрів, органічних кислот, мінеральних солей та інших речовин, містяться частинки різного ступеня дисперсності [4].

Випарювання води супроводжується складними фізико-хімічними змінами. У процесі випарювання збільшуються щільність продукту та його в'язкість. Під дією тепла відбувається коагуляція білків, гідроліз складних органічних сполук, а також реакції з'єднання — меланоїдиноутворення, карамелізація і низка інших. Таким чином, під час концентрування безперервно змінюються основні властивості продукту. Тому вибір режимів і умов концентрування є важливішою роботою у створенні технологічного процесу і пристроїв для концентрування харчових продуктів. Вибір випарної установки визначається видом оброблюваного продукту. Крім того, необхідно враховувати такі аспекти, як: продуктивність за продуктом і за випареною вологою; ступінь концентрації, вміст сухих речовин в початковому продукті; теплочутливість продукту, можлива температура і тривалість обробки; реологічні властивості продукту, тенденція до пригорання; витрати на установку та експлуатацію залежно від випарної здатності гріючої поверхні [5].

Перспективний спосіб, який пропонується до розгляду, базується на використанні багатофункціонального пристрою, що дозволяє проводити кілька технологічних процесів.

**Мета статті** — визначення раціональних параметрів процесу термічної обробки плодів під час виготовлення яблучного пюре.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Теплова обробка яблук є однією з основних стадій в технологічному процесі отримання пюре. Плодоовочева сировину перед нарізанням, подрібненням і протиранням піддають тепловій обробці, яку проводять в середовищі водяної пари, в гарячій воді, водних розчинах кислоти, луги, кухонної солі, гарячих тваринних або рослинних жирах, а також шляхом зіткнення з поверхнею нагріву.

Для забезпечення потрібної глибини теплової обробки необхідно встановити раціональну тривалість обробки яблук парою або водою [6].

Під час проведення досліджень встановлювалась залежність глибини термічної обробки яблук від тривалості обробки її водою, парою, тиску пари.

Відомо, що під час теплової обробки механічна міцність рослинної тканини знижується, у результаті чого продукт розм'якшується. Це пов'язано з ослабленням зв'язку між клітинами рослинної тканини, що є причиною зниження опірності тканини механічним впливом при подрібненні і протиранні. Отже, клітини рослинної тканини легко відділяються одна від одної. Це пов'язано зі змінами полісахаридів клітинних стінок [7].

Завданням розробки є підвищення якості готового пюре за рахунок послідовного використання суміщених механізмів для подрібнення, протирання, уварювання, перемішування, введення необхідних додаткових компонентів і більш рівномірної обробки внаслідок використання раціональних конструкцій ножів, перфорованих витків шнека для переробки плодів [8].

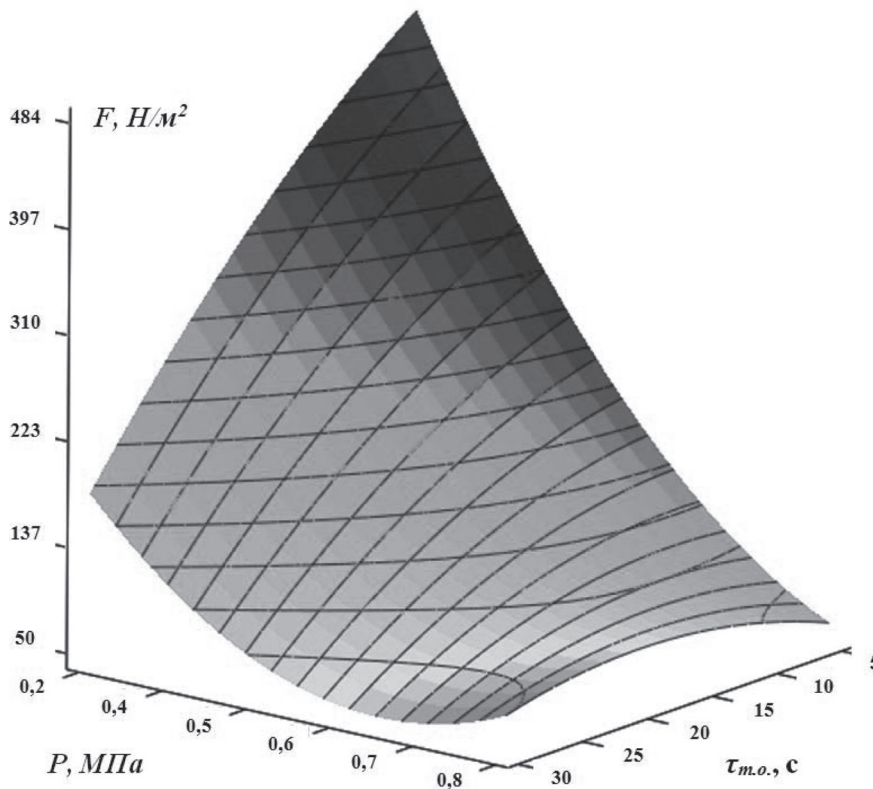
Метою досліджень було визначення раціональної тривалості теплової обробки яблук для отримання пюре. Бланшування яблук проводили в киплячій воді протягом 90 хв за атмосферного тиску і гострою парою за температури  $120 \pm 5$  °C протягом 30 хв.

Для об'єктивної оцінки ступеня розм'якшення структури яблук під час теплової обробки ввели показник питомого зусилля пенетрації. Цей показник характеризує зміни

механічної міцності структури сировини під час переробки і дозволяє судити про його готовність до подальшої технологічної стадії (подрібнення).

Процес зміни механічної міцності тканини яблук можна умовно розділити на два періоди. Перший період характеризується відносно інтенсивним пониженням механічної міцності тканини до моменту готовності до подальшої технологічної стадії. Для яблук, оброблених в гарячій воді і гострою парою, цей період за тривалістю склав 70 і 20 хв, міцність тканини при цьому знизилася в 9,5 рази. Другий період характеризується різким уповільненням темпу зниження механічної міцності тканини після її розм'якшення до ступеня готовності до подальшої технологічної стадії. Для яблук міцність тканини за період теплової обробки в гарячій воді протягом 70–90 хв і гострою парою протягом 20–35 хв знизилася всього в 1,5 рази.

Відповідні експериментальні дані наведено на рис. 1–3.



**Рисунок 1** — Залежність питомого зусилля penetрації яблук  $F$ , ( $\text{H}/\text{m}^2$ ) від надлишкового тиску пари  $P$ , МПа та тривалості термічної обробки гострою парою  $\tau_{\text{т.о.}}$ , хв. Сорт Айдаред

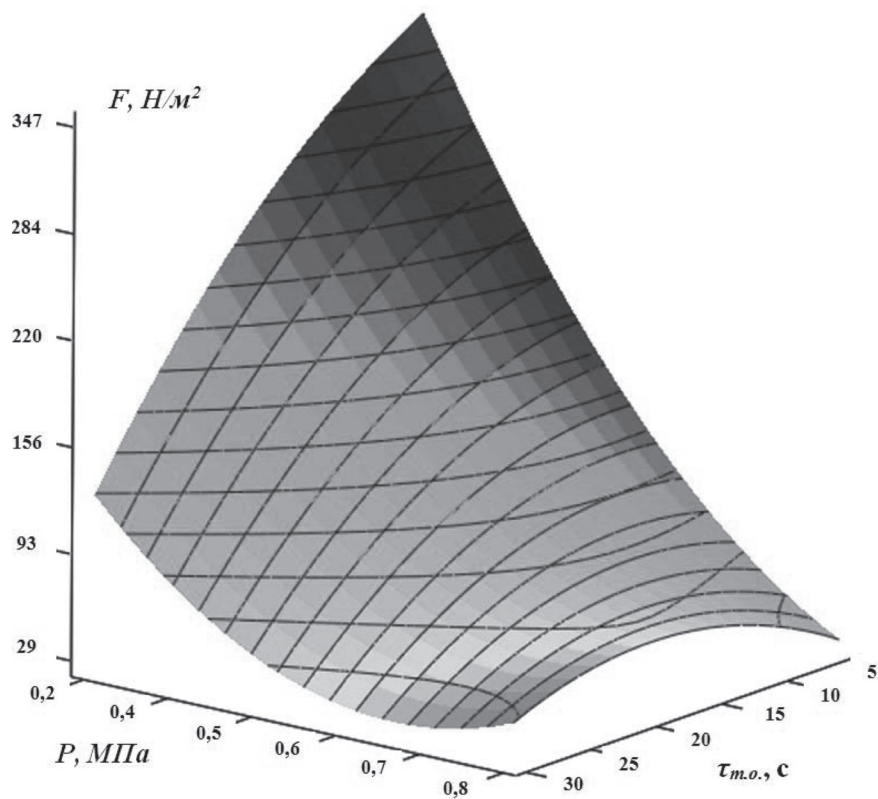
Було встановлено, що в результаті теплової обробки гарячою водою вміст протопектину в яблуках знижується на 48,4 %, а гострою парою — на 39,1 %. Зменшення вмісту протопектину пов'язано з його гідролізом, який починається при температурі 60 °С і вище.

Дослідним шляхом встановили необхідну міцність рослинної тканини для подальшої обробки на протиральних машинах, де питоме зусилля penetрації взяли рівним 70–100  $\text{H}/\text{m}^2$ .

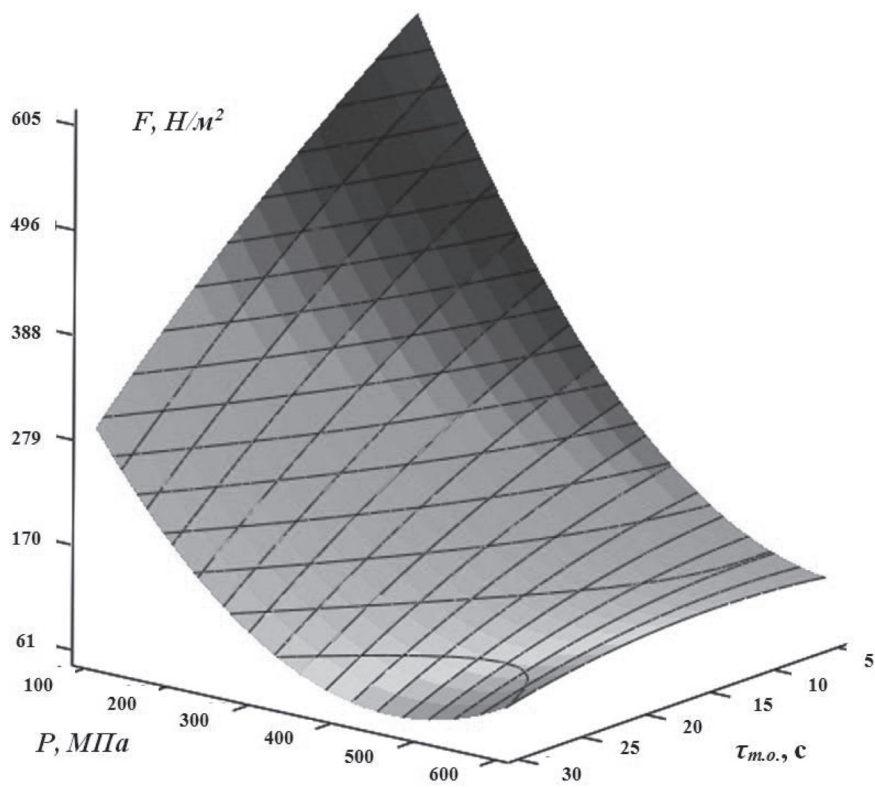
За даними досліджень можна зробити висновок, що найменші втрати масової частки сухих речовин відбуваються під час теплової обробки яблука гострою парою. Тому в подальшому під час підготовки яблука до наступної технологічної стадії раціонально використовувати спосіб теплової обробки гострою парою протягом 20–23 хв.

З метою дослідження процесу бланшування гострою парою скористалися експериментально-статистичним підходом. Дослідження питомого зусилля penetрації проводили на реометрі.

Були здійснені експерименти на різних сортах яблук з різним вмістом сухих речовин, наведених у вигляді поверхні відгуку і двовимірних перерізів.



**Рисунок 2** — Залежність питомого зусилля пенетрації яблук  $F$ , ( $\text{H}/\text{M}^2$ ) від надлишкового тиску пари  $P$ , МПа та тривалості термічної обробки гострою парою  $\tau_{\text{т.о.}}$ , хв. Сорт Папіровка



**Рисунок 3** — Залежність питомого зусилля пенетрації яблук  $F$ , ( $\text{H}/\text{M}^2$ ) від надлишкового тиску пари  $P$ , МПа та тривалості термічної обробки гострою парою  $\tau_{\text{т.о.}}$ , хв. Сорт Симиренко

Загальною технологічною вимогою до пюреподібних продуктів, які отримані після подрібнення, є те, що пюре повинно являти собою однорідну масу, величина окремих частинок якої не повинна перевищувати 0,5...2 мм (залежно від виду подрібнювальної машини).

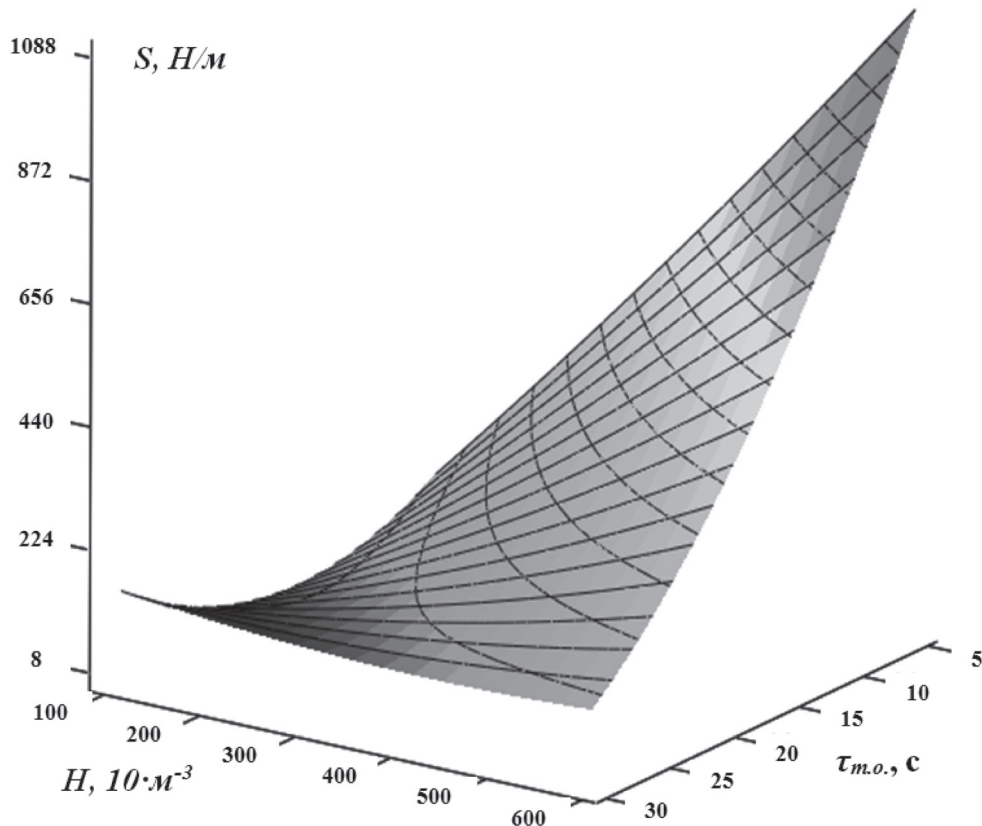
Подрібнення сировини здійснюють для додання йому певної форми і полегшення подальших процесів (протирання, гомогенізація, фасування) під час отримання пюре. Процеси подрібнення умовно поділяють на велике, середнє, дрібне дроблення і тонке подрібнення. Залежно від розмірів вихідного і подрібненого матеріалу розрізняють такі види подрібнення: велике дроблення (розмір шматків 100–300 мм); середнє дроблення (розмір шматків 10–50 мм); дрібне дроблення (розмір шматків 2–10 мм); тонке подрібнення (розмір шматків 0,075–2 мм) [9].

У теперішній час на консервних заводах подрібнення проводиться в три етапи: попереднє подрібнення шляхом дроблення (2...10 мм), бланшування, тонке подрібнення (0,075...2 мм). Використовуються три одиниці обладнання: дробарка, бланшувач і подрібнювач. Бланшування між дробленням і подрібненням проводять з метою зниження обсіменіння рослинної сировини, тому забрудненість може підвищуватися після дроблення за рахунок мікроорганізмів, які переходять в основному з поверхні сировини.

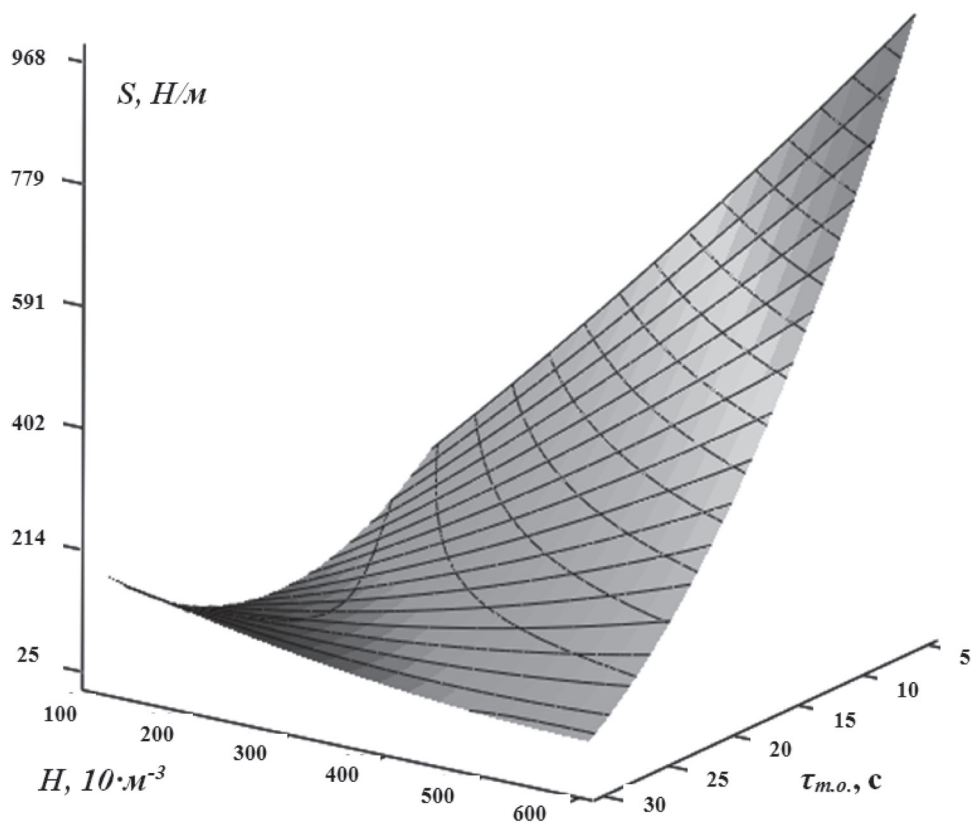
Багатоетапність стадій подрібнення сировини ускладнює технологію отримання пюре з рослинної сировини [10].

На характер і розмір перерахованих вище змін впливають багато чинників, у тому числі режим теплового впливу, а також властивості плодів, будова і хімічний склад тканин. Тому необхідно досліджувати ступінь впливу питомої роботи різання на механічні властивості яблук і визначити оптимальні значення тривалості теплової обробки, питомої потужності. Визначення питомої роботи різання проводили на реометрі.

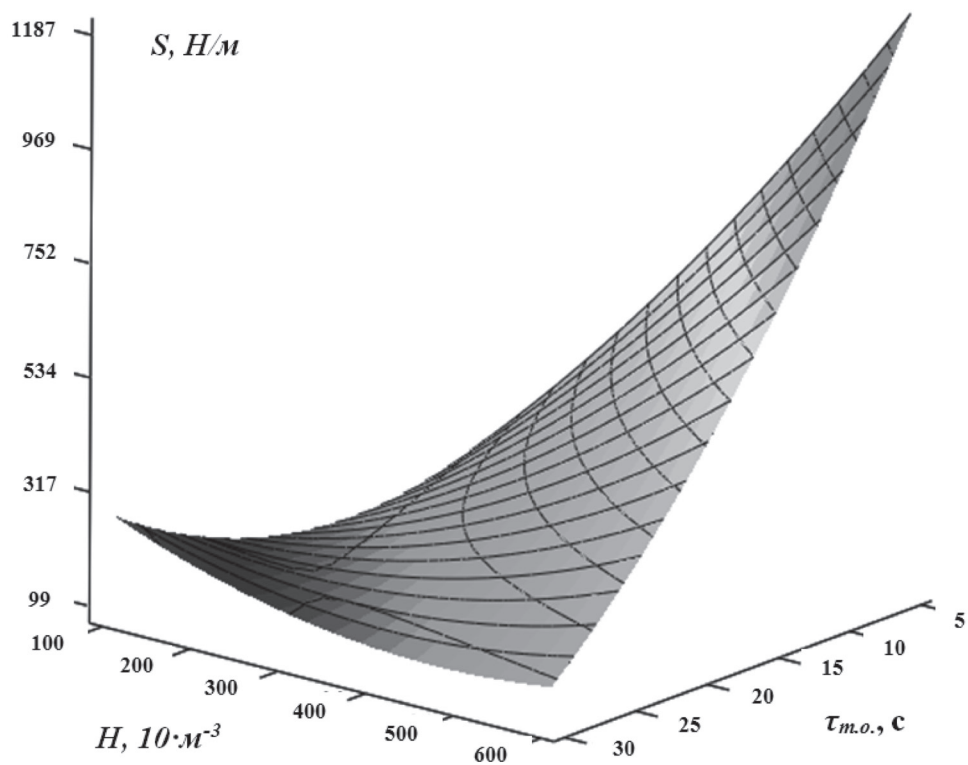
На рис. 4–6 надані графічні залежності глибини занурення індентора (ножа) від питомого зусилля різання при різних сортах яблук і часу теплової обробки (бланшування). Зі збільшенням тривалості бланшування величина питомого зусилля різання зменшується.



**Рисунок 4** — Залежність питомого зусилля різання яблук  $S$ , Н/м від глибини занурення  $H$ ,  $10 \cdot \text{м}^{-3}$  та тривалості термічної обробки гострою парою  $\tau_{\text{т.о.}}$ , хв. Сорт Айдаред



**Рисунок 5** — Залежність питомого зусилля різання яблук  $S$ , Н/м від глибини занурення  $H$ ,  $10 \cdot \text{м}^{-3}$  та тривалості термічної обробки гострою парою  $\tau_{\text{т.о.}}$ , хв. Сорт Папіривка



**Рисунок 6** — Залежність питомого зусилля різання яблук  $S$ , Н/м від глибини занурення  $H$ ,  $10 \cdot \text{м}^{-3}$  та тривалості термічної обробки гострою парою  $\tau_{\text{т.о.}}$ , хв. Сорт Симиренко

Механічна міцність рослинної тканини в процесі термічної обробки знижується, у результаті чого плоди розм'якшуються, оскільки зв'язок між клітинами послаблюються. Клітинні оболонки розрихлюються, але зберігається цілісність, а деструкція серединних пластинок, що з'єднують сусідні клітини, відбувається більшою мірою. Внаслідок чого відбувається значне зниження опірності тканини механічним впливом (розрізання, протирання). При цьому клітини тканини легко відділяються одна від одної.

Ослаблення зв'язків між клітинами в процесі термічної обробки плодів пов'язано зі змінами вуглеводів клітинних стінок, головним чином, протопектину. Після продукт протирають через сито з розміром осередків 0,5 мм, у результаті чого відбувається подрібнення м'якоти до гомогенного стану.

Завдяки використанню теплової обробки (бланшування і протирання) пюре виходить високої якості. Як відомо, механічні властивості продуктів грають важливу роль у їх виробництві та споживанні, а також є характеристикою сили механічних зв'язків, які діють між окремими молекулами та їх ланками, що входять до складу структури. Тому характеристика структурно-механічних властивостей харчових продуктів і мас служить одним із найважливіших і об'єктивних показників їх технологічних властивостей.

В'язкість пюре має суттєвий вплив на показники якості концентрованої пасти. З підвищенням в'язкості при концентруванні ускладнюється переміщення продукту по робочим органам машин і апаратів, повільніше видаляється волога, тим самим збільшується час концентрування. В'язко-пластичні властивості плодоовочевого пюре визначаються вмістом пектинових речовин, їх станом (протопектин, розчинний пектин, пектин міжклітинної речовини). Високий вміст пектинових речовин діє як загусники, низький вміст — як електроліти, і за певних умов вони піддаються відділенню від рідкої фази колоїдної системи. Протопектин клітинних стінок не володіє властивостями загусника і не впливає на в'язкість плодоовочевого пюре. Таким чином, за однакового змісту пектинових речовин в сировині в'язкість плодоовочевого пюре залежить від співвідношення форм пектинових речовин в ньому.

За експериментальними даними можна зробити висновок, що найменша втрата масової частки твердих речовин відбувається під час термічної обробки яблук парою. Тому під час приготування яблучного пюре до наступного технологічного етапу раціонально використовувати метод термічної обробки парою протягом 20–25 хвилин.

У результаті проведених досліджень встановлено найбільш раціональні параметри отримання концентрованих паст із масовою часткою твердих речовин 40...60 %: тиск пари становить 0,3...0,4 МПа; тривалість обробки — 200...260 с. Короткий час перебування пюре у випарнику дозволяє отримувати продукти з максимальним збереженням усіх корисних речовин, що містяться в сировині.

**Висновки.** Отримано залежність питомого зусилля penetрації яблук від надлишкового тиску пари та тривалості термічної обробки парою для різних сортів яблук. Встановлено, що на глибину термічної обробки поверхневого шару яблук впливають різні сорти плодів та термін зберігання. Глибина термічної обробки яблук під час бланшування збільшується від збільшення тиску. Зі збільшенням терміну зберігання яблук величина різання після їх термічної обробки збільшується. Визначено раціональні параметри процесу термічної обробки яблучного пюре парою надлишкового тиску та процесу його механічного перемішування, за яких відбувається концентрування пюре та мінімізується відсоток втрат сировини.

#### Список літератури

1. Slavin J., Lioyd B. Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Journal: Advances in Nutrition*. 2012. № 3. P. 506–516.
2. Design and Development of an Apparatus for Grating and Peeling Fruits and Vegetables / M. Siti Mazli, A. Nur Aliaa, H. Nor Hidayati, M. Intan Shaidatul, W. Wan Zuha. *American Journal of Food Technology*. 2010. Vol. 5. Iss. 6. P. 385–393.

3. Терешкін О. Г., Горелков Д. В., Дмитревський Д. В. Теоретичне моделювання процесу термічної обробки овочів під час їх очищення. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. №1/1 (27). С. 57–65. doi: 10.15587/2312-8372.2016.58826.
4. Tereshkin O., Horielkov D., Dmytrevskiy D., Chervonyi V. Modeling of mechanical treatment of napiform onion to determine the rational parameters of its cleaning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 6, № 11 (84). Pp. 30–39. doi: 10.15587/1729-4061.2016.86472.
5. Deynichenko G., Dmytrevskiy D., Chervonyi V., Udovenko O., Omelchenko O., Melnik O. Modeling of the process of peeling jerusalem artichoke in order to determine parameters for conducting production process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 3, № 11 (87). P. 52–60. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103855.
6. Поліщук Г. Є., Мацько Л. М., Гончарук О. В. Дослідження впливу теплового оброблення на структуруючу здатність яблучного пюре. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9. № 4. С. 35–40. doi: 10.15407/scin9.04.035.
7. Herbiga A.-L., Delchierb N., Striegelb L., Rychlikb M., Renarda C. Stability of 5-methyltetrahydrofolate in fortified apple and carrot purees. *LWT Food Science and Technology*. 2019. Vol. 107. P. 158–163. doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.010.
8. Mubaiwaa J., Foglianob V., Chidewec C., Linnemann A. Modelling the stability of maltodextrin-encapsulated grape skin phenolics used as a new ingredient in apple puree. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 209. P. 323–331. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.055.
9. Keenana D., Bruntona N., Butlerc F., Woutersd R., Gormley R. Evaluation of thermal and high hydrostatic pressure processed apple purees enriched with prebiotic inclusions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2011. Vol. 12, iss. 3. P. 261–268. doi: 10.1016/j.ifset.2011.04.003.
10. Espinosa L., To N., Symoneaux R., Renard C., Biau N., Cuvelier G. Effect of processing on rheological, structural and sensory properties of apple puree. *Procedia Food Science*. 2011. Vol. 1. P. 513–520. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.078.

#### References

1. Slavin, J., Lioyd, B. (2012). Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Journal: Advances in Nutrition*, no. 3, pp. 506–516.
2. Siti Mazli, M., Nur Aliaa, A., Nor Hidayati, H., Intan Shaidatul, M., Wan Zuha, W. (2010). Design and Development of an Apparatus for Grating and Peeling Fruits and Vegetables. *American Journal of Food Technology*, no. 5, pp. 385–393.
3. Tereshkin, O. G., Horielkov, D. V., Dmytrevskiy, D. V. (2016). *Teoretychne modelyuvannya protsesu termichnoyi obrobky ovochiv pid chas yikh ochyshchennya* [Theoretical modeling of the process of thermal processing of vegetables during their cleaning]. *Tekhnologichnyj audyt ta rezervy vyrobnytstva* [Technological audit and production reserves], no. 1/1 (27), pp. 57–65. doi: 10.15587/2312-8372.2016.58826.
4. Tereshkin, O., Horielkov D., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V. (2016). Modeling of mechanical treatment of napiform onion to determine the rational parameters of its cleaning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 6, no. 11 (84), pp. 30–39. doi: 10.15587/1729-4061.2016.86472.
5. Deynichenko, G., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., Melnik, O. (2017). Modeling of the process of peeling jerusalem artichoke in order to determine parameters for conducting production process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 3, no. 11 (87), pp. 52–60. doi: 10.15587/1729-4061.2017.103855.
6. Polischuk, G. E., Matsko, L. M., Goncharuk, O. V., Chuiko, A. A. (2013). The effect of thermal processing on apple puree's structuring ability, *Nauka ta Innovacii*, no. 9 (4), pp. 35–40. doi: 10.15407/scin9.04.035.
7. Herbiga, A.-L., Delchierb, N., Striegelb, L., Rychlikb, M., Renarda C. (2019). Stability of 5-methyltetrahydrofolate in fortified apple and carrot purees, *LWT — Food Science and Technology*, vol. 107, pp. 158–163. doi: 10.1016/j.lwt.2019.03.010.

8. Mubaiwaa, J., Foglianob, V., Chidewec, C., Linnemann, A. (2016). Modelling the stability of maltodextrin-encapsulated grape skin phenolics used as a new ingredient in apple puree. *Food Chemistry*, vol. 209, pp. 323–331. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.055.
9. Keenana, D., Bruntona, N., Butlerc, F., Woutersd, R., Gormley, R. (2011). Evaluation of thermal and high hydrostatic pressure processed apple purees enriched with prebiotic inclusions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 12, iss. 3, pp. 261–268. doi: 10.1016/j.ifset.2011.04.003.
10. Espinosa, L., To N., Symoneaux, R., Renard, C., Biau, N., Cuvelier, G. (2011). Effect of processing on rheological, structural and sensory properties of apple puree. *Procedia Food Science*, vol. 1, pp. 513–520. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.078.

**Objective.** *The purpose of the article is to determine the rational parameters of the process of heat treatment of fruits in the manufacture of apple puree.*

**Methods.** *A combined method of making apple sauce has been developed, which consists of the process of heat treatment of fruits with steam and their further mechanical grinding. In the study of the combined process of making apple sauce the main task was to determine the rational duration of heat treatment, since the heat treatment of apples is one of the main stages in the process of obtaining apple sauce. Raw materials are heat treated in steam, in hot water, as well as in contact with the heating surface, before cutting, grinding and wiping. To study the effect of heat treatment on raw materials, an experimental setup was designed and manufactured. Overpressure and temperature were chosen as the main factors. The initial parameter was the specific penetration force of the indenter. Experiments were carried out on different apple varieties with different solid content.*

**Results.** *The article analyzes the existing technologies for making apple puree. The necessity to improve the process of making apple puree and equipment for its realization has been proved. The urgency of conducting experimental studies to determine the rational parameters of the heat treatment stage is substantiated. Dependences of influence of parameters of heat treatment on structural and mechanical properties of raw materials were obtained. It was found that increasing the steam pressure and the duration of the heat treatment process increases the depth of heat treatment of the apple and reduce the effort of product penetration.*

*The dependence of the specific effort of penetration of apples on the excess steam pressure and the duration of heat treatment of hot steam for different varieties of apples were obtained. It was found that the depth of heat treatment of the surface layer of apples is affected by different fruit varieties and shelf life. The depth of heat treatment of apples during blanching increases with increasing pressure.*

*It is determined that after the process of heat treatment of apples the amount of pressure cutting force will be different. It is found that the cutting force is influenced by the steam pressure, the duration of the heat treatment process, the shelf life, and also such an indicator as the variety of apples. It is determined that after the process of heat treatment, the effort of cutting apples with the summer variety is less than the effort of cutting the apples with the winter variety. With increasing the shelf life of apples, the value of cutting after its heat treatment increases.*

*It is experimentally proved that with the same parameters of heat treatment, the depth of heat treatment of apples will be greater for apples that have smaller geometric dimensions. But it is found that the difference in depth of heat treatment of apples does not differ significantly depending on the geometric dimensions. These data indicate that the difference in the influence of the process of heat treatment with steam of excess pressure on the apple, which differs in geometric dimensions, is not significant and allows for a combined processing process, which, in turn, will significantly reduce the complexity and energy consumption of the processing process.*

*The rational parameters of the process of heat treatment of fruit raw materials are determined.*

**Key words:** *apple puree, heat treatment, rubbing, penetration, cutting effort, grinding, concentrating puree.*



DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-57-63  
УДК 006 (076.5)

*Цвіркун Л. О., канд. пед. наук<sup>1</sup>*  
*Омельченко О. В., канд. техн. наук<sup>1</sup>*  
*Цвіркун С. Л., канд. техн. наук<sup>2</sup>*  
*Гейер Г. В., д-р екон. наук, професор<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua

<sup>2</sup> Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: tserg30@ukr.net

### МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ В КАМЕРАХ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЯБЛУК

UDC 006 (076.5)

*Tsvirkun L. A., PhD in Pedagogical sciences<sup>1</sup>*  
*Omelchenko O. V., PhD in Technical sciences<sup>1</sup>*  
*Tsvirkun S. L., PhD in Technical sciences<sup>2</sup>*  
*Heiier H. V., Grand PhD in Economy sciences,  
Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua

<sup>2</sup> Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: tserg30@ukr.net

### METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THERMAL MEASUREMENTS IN APPLE STORAGE CHAMBERS

**Мета.** Метою статті є дослідження метрологічних характеристик теплотехнічних вимірювань в камерах для зберігання яблук.

**Методи.** У роботі для вимірювання середньої температури у камерах для зберігання фруктів розглянуто метод трьох точок контролю.

**Результати.** Зазначено, що збільшення термінів зберігання і максимальне скорочення втрат плодів яблуні має велике практичне значення, оскільки вони становлять значну питому вагу в харчуванні населення. З-поміж основних причин є механічні пошкодження, особливо на останньому етапі зберігання, коли в результаті дозрівання відбувається розм'якшення м'якоти плодів, що призводить не лише до зниження їх міцності, а й впливає на подальше транспортування. При цьому вважають, що погіршення якісних показників обумовлено як природними, так і зовнішніми чинниками, які знижують споживчі властивості товару. Аналіз статистики показав, що, за даними експертів, у 2019 році Україна збільшила експорт свіжих яблук на 26,5 % порівняно з 2018 роком. Основними покупцями яблук є Білорусь, Ірак, Туреччина і Австрія, проте виробництво яблук в Україні в 2019 році скоротилося на 21 %, зокрема за рахунок падіння врожайності та умов зберігання. Констатовано, що основними контролюємими параметрами процесу зберігання є температура, відносна вологість повітря, повітрообмін, газовий склад і освітленість. Тому у фрукто-овочесховищі має підтримуватися відповідна температура та вологість повітря, контроль яких здійснюється за допомогою відповідних засобів вимірювання. Розглянуто метрологічні характеристики приладів для теплотехнічних вимірювань, які призначені для перетворення сигналів із вимірювальної інформації у форму, доступну для безпосереднього відтворення спостереження. Сконцентровано увагу на тому, що згідно зі стандартами під час вимірювання середньої температури використовується метод 3-х точок контролю, показність результатів яких залежить від інтервалів між контрольними точками, які можуть коригуватися у ході вимірювання. Запропоновано на основі аналізу метрологічних характеристик та конструктивних особливостей пристроїв, що застосовуються для теплотехнічних вимірювань в камерах для зберігання

Надійшла до редакції 14.09.2020 р.

© Л. О. Цвіркун, О. В. Омельченко,  
С. Л. Цвіркун, Г. В. Гейер, 2020

яблук, для вимірювання середньої температури використовувати як мінімум п'ять контрольних точок задля достовірності отриманих результатів, які безпосередньо впливають на процес зберігання яблук.

**Ключові слова:** метрологічні характеристики, теплотехнічні вимірювання, температура, похибка, метод трьох точок, зберігання яблук.

**Постановка проблеми.** Яблуна є найбільш поширеною плодовою культурою нашої країни. Плоди містять природні антиоксиданти, вітаміни, біологічно активні та мінеральні речовини. Збільшення термінів зберігання і максимальне скорочення втрат плодів яблуні має велике практичне значення, оскільки вони становлять значну питому вагу в харчуванні населення. Нині втрати фруктів при зберіганні досягають у середньому 35 %, а іноді й більше. З-поміж основних причин є механічні пошкодження, особливо на останньому етапі зберігання, коли в результаті дозрівання відбувається розм'якшення м'якоти плодів, що призводить не лише до зниження їх міцності, а й впливає на подальше транспортування. Погіршення якісних показників обумовлено як природними, так і зовнішніми чинниками (температура, вологість повітря, повітрообмін в камерах для зберігання плодів), які знижують споживчі властивості товару. Тому ефективне збереження продукції плодівництва до нового врожаю без значних втрат її маси є однією з актуальних проблем сьогодення.

Одним з головних контролюємих параметрів процесу зберігання яблук є температура. Оптимальною температурою зберігання різних сортів яблук є діапазон від 0 до +4°C. Зниження температури зберігання плодів обмежується температурою (точкою) замерзання плодів, специфічною для кожного конкретного сорту яблук. Діапазон температури замерзання плодів знаходиться в межах 1,4–2,8 °C, а для більшості сортів оптимальна температура зберігання повинна бути на 0,5 °C і більше вище точки замерзання плодів [1]. Температура не піддається безпосередньому виміру, тому про стан теплової рівноваги і значення температури судять зі змін фізичних властивостей об'єкта [2]. Відповідно, для отримання яблук вищого гатунку важливим є не тільки температурні режими зберігання, а й стабільність їх підтримки, що вимагає дослідження метрологічних характеристик за допомогою теплотехнічних вимірювань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Яблука — невід'ємна частина українського експорту, бо за кордоном вони користуються величезним попитом і щороку завойовують нові ринки. Так, за даними експертів, у 2019 році Україна збільшила експорт свіжих яблук на 26,5 % (з 11,2 до 53,6 тис. тонн) порівняно з 2018 роком (рис. 1). Основними покупцями яблук є Білорусь (14,5 тис. тонн), Ірак (7,9 тис. тонн), Туреччина (7,9 тис. тонн) і Австрія (5,1 тис. тонн) [3]. Проте виробництво яблук в Україні в 2019 році скоротилося на 21 %, зокрема за рахунок падіння врожайності та умов зберігання.

У фрукто-овочесховищі має підтримуватися відповідна температура та вологість повітря, контроль яких здійснюється за допомогою відповідних засобів вимірювання. Для виконання теплотехнічних вимірювань в камерах для зберіганні овочів та фруктів застосовують рідинні скляні термометри, біметалічні термометри, манометричні термометри, термометри електричного опору, термістори, термоелектричні перетворювачі — термопари, які призначені для перетворення сигналів із вимірювальної інформації у форму, доступну для безпосереднього відтворення спостереження. Ці пристрої використовуються для безпосереднього зняття показань, дистанційного зняття показань, контролю показань.

Задля оцінки метрологічних характеристик у деяких випадках можна обійтися без здійснення вимірювань, скориставшись інформацією, наявною на самому засобі вимірювань або отриманою з нормативних та довідкових джерел, проте для більш повного дослідження метрологічних характеристик необхідно провести вимірювання фізичних величин [4]. Залежно від призначення вимірювальної пристрої бувають [5; 6; 7]: аналогові, у яких показання є безперервною функцією вимірювальної величини; цифрові — показання є візуальною формою цифрового коду; прямого перетворення (прямої дії) — здій-

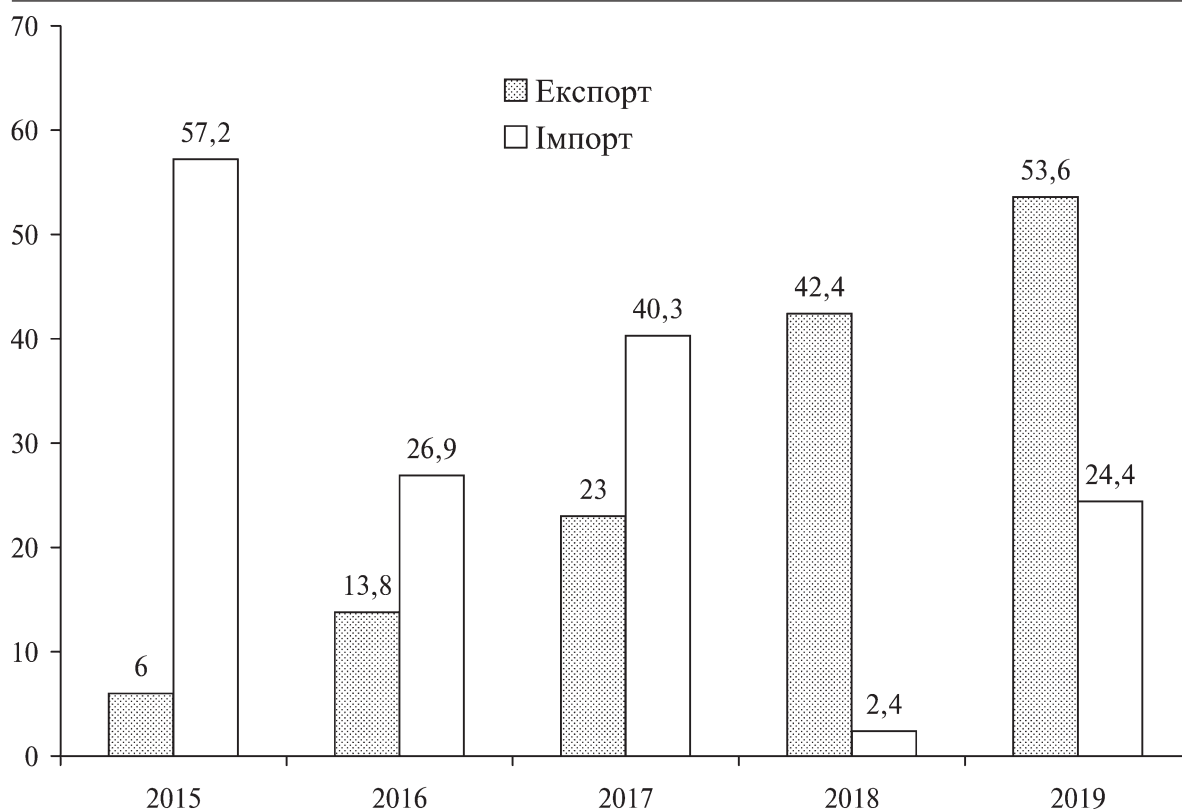


Рисунок 1 — Зовнішня торгівля свіжими яблуками

снюється тільки в напрямку від входу до виходу; урівноважуючого (компенсаційного) перетворення — весь тракт прямого перетворення охоплений негативним зворотним зв'язком; змішаного перетворення — перед контуром зворотнього зв'язку є деяка ділянка прямого перетворення. Узагальнена структурна схема вимірювального пристрою наведена на рис. 2. Первинний вимірювальний перетворювач — датчик; на виході пристрою перетворення формується сигнал, параметри якого відповідають вхідним характеристикам відключеного пристрою.

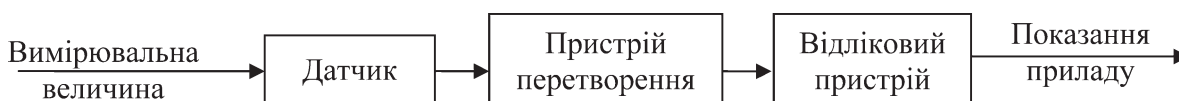


Рисунок 2 — Структурна схема вимірювального пристрою

Велика кількість величин легко перетворюється в силу, лінійне або кутове переміщення. До них відносяться: тиск, щільність, рівень, в'язкість, температура, частота обертання. Для вимірювання цих величин побудовані датчики з механічною компенсацією вимірюваної величини. Датчики складаються з первинного вимірювального перетворювача вимірюваної величини в силу і уніфікованого вимірювального перетворювача сили (або переміщення) для подальшого її перетворення в стандартний пневматичний або електричний сигнал.

**Мета статті** — дослідження метрологічних характеристик теплотехнічних вимірювань в камерах для зберігання яблук.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Основними контролюємими параметрами процесу зберігання є температура, відносна вологість повітря, повітрообмін, газовий склад і освітленість. Температура зберігання кожного виду плодоовочевої продукції має свої показники: наприклад, перець, спаржу або лимони не можна довго витримувати при температурах нижче рекомендованих через небезпеку холодних ушкоджень; у бананів і ананасів при температурі нижче 10°C, у зелених томатів — нижче 6°C, у цитрусових — нижче 3°C спостерігається «застигання», після чого вони втрачають здатність до дозрівання; особливістю персиків є зростання інтенсивності дихання при зниженні темпера-

тури до 2–4°C сильніше, ніж при 5°C. Тому фрукто-овочесховище, у якому застосовується спеціалізоване вентиляційне та холодильне обладнання, оснащене системами контролю параметрів зберігання. Практика показує, що процес зберігання найбільш ефективно організований в комплексах, утворених за секційним принципом, коли середовище зберігання являє собою сукупність секцій (камери, засіки), в кожній з яких технічно можливі швидке створення і довгострокова підтримка заданих параметрів [8]. Саме така система забезпечує маневреність, надійність, гарну адаптацію до специфічних умов експлуатації (сезонність), велику тривалість непереривчастої дії, велику різноманітність режимів і етапів технологічних процесів.

Встановлено, що коливання температури у сховищі на 1°C обумовлює зміну відносної вологості повітря на 5–6%. При підвищенні температури відносна вологість зменшується, у результаті чого підвищуються втрати маси продукції, зростає інтенсивність дихання і випаровування води, що сприяє розвитку мікроорганізмів. Загальною вимогою оптимального температурного режиму зберігання є також відсутність різких перепадів температури і відносної вологості повітря, бо навіть при незначному підвищенні температури на стінах, стелі сховища та на продукції може утворитися конденсат.

При зберіганні яблук важливо забезпечити циркуляцію повітря й підтримувати вологість від 90 до 95%. Тоді зберігання яблук в сховищах буде правильним і тривалим. Для всіх сортів яблук температура на період зберігання встановлюється постійною (наприклад, «Антонівка звичайна» — до +4°C; «Ренет Черненко» — до +1°C; «Айдаред» — до +3°C; «Джонатан» — до +4°C; «Пепин шафранний» — до 0°C) [9], табл. 1.

**Таблиця 1** — Температура і термін зберігання деяких сортів яблук

Сорт	Температура
Мелба	від –1 до +1
Слава переможцям	від –1 до 0
Штрейфлінг	від 0 до +1
Антонівка звичайна	від + 2 до +4
Мекинтогс	від –1 до +1
Коштеля	від 0 до +1
Кортланд	від +1 до +2
Пармен зимовий золотий	від +2 до +4
Кальвиль свіжий	від +1 до +2
Мантуанске	від –1 до +2
Бойкен	від 0 до +1

Під час виконання теплотехнічних вимірювань широко застосовують метод безпосередньої оцінки, метод порівняння з мірою і нульовий метод [10]. Проте точність вимірювання температури у теперішній час не можна назвати високою. У промислових термометрів її похибка зрідка буває нижче 0,5% від межі вимірювання. Разом з тим зниження цієї похибки надзвичайно актуально.

Так, математично розподіл інструментальної похибки за ознакою її залежності від значення вимірюваної величини можна навести таким чином:

$$y_H = a_{0n} + a_{1n} \cdot x \quad (1)$$

У загальному випадку вона не обов'язково проходить через 0, може бути виражена поліномом ступеня  $n$ :

$$y_p = a_{0p} + a_{1p} + \sum_2^n a_i \cdot x^i \quad (2)$$

Тоді абсолютна похибка на виході:""

$$\Delta y = y_p - y_H = a_{0p} - a_{0n} + (a_{1p} - a_{1n}) \cdot x + \sum_2^n a_i \cdot x^i \quad (3)$$

$$a_{0p} - a_{0n} = \Delta y_a; \quad (a_{1p} - a_{1n}) \cdot x = \Delta y_m; \quad \sum_2^n a_i \cdot x^i = \Delta y_n \text{ — відповідно}$$

адитивна, мультиплікативна і нелінійна складові похибки.

Якщо у процесі вимірювання виявлено закономірності відхилень градуовальної характеристики приладу від номінальної функції перетворення, методику коригують для отримання уточненого подання про викривлення. Наприклад, за відсутності точок перегину і тенденцій зміни відхилень точки можна розташовувати більш зрідка. Під час явно вираженої мультиплікативної похибки інтервали можуть бути порівняно великими, а при накладенні на неї періодичної складової інтервали необхідно зменшити до частки періоду [11]. Також градуовальну характеристику приладу досліджують на наявність гистерезисної складової похибки. Для цього кожному з величин послідовно вимірюють при зміні показань приладу в двох протилежних напрямках (з більшого на менше і з меншого на більше значення показань).

Згідно зі стандартами під час вимірювання середньої температури використовується метод 3-х точок контролю. Кількість контрольних точок температури повітря у вільному просторі корисного об'єму камери повинно бути не менше трьох. Перша і друга контрольні точки повинні бути розташовані в зонах, які мають мінімальне («холодна» точка) і максимальне («тепла» точка) значення температури. Третя контрольна точка повинна бути розташована в середині центрального або бічного (у камері шириною до 12 м) проходу на висоті 1,5–1,6 м від рівня підлоги [9; 12]. Значення повинні розподілятися на весь діапазон вимірювань приладу, причому число і розташування контрольних точок визначають залежно від конструктивних особливостей приладу.

Як відомо, в одну товарну партію завантажують яблука одного сорту. Допускається завантаження різних сортів у разі однакових умов та відсутності можливого впливу на процес зберігання. Показність результатів залежить від інтервалів між контрольними точками, які можуть коригуватися у ході вимірювання. Розташування «теплої» і «холодної» точок здійснюють у вільному просторі корисного об'єму камери.

На основі аналізу метрологічних характеристик та конструктивних особливостей пристроїв, що застосовуються для теплотехнічних вимірювань в камерах для зберігання яблук, вважаємо доцільним для вимірювання середньої температури використовувати, як мінімум п'ять контрольних точок (три основні та дві дотичні) задля достовірності отриманих результатів, які безпосередньо впливають на процес зберігання яблук.

**Висновки.** Отже, основними контрольованими параметрами процесу зберігання є температура, відносна вологість повітря, повітрообмін, газовий склад і освітленість. Тому у фрукто-овочесховищі має підтримуватися відповідна температура та вологість повітря, контроль яких здійснюється за допомогою відповідних засобів вимірювання. Для виконання теплотехнічних вимірювань в камерах для зберігання овочів та фруктів застосовують рідинні скляні термометри, біметалічні термометри, манометричні термометри, термометри електричного опору, термістори, термоелектричні перетворювачі — термопари, які призначені для перетворення сигналів із вимірювальної інформації у форму, доступну для безпосереднього відтворення спостереження.

Запропоновано на основі аналізу метрологічних характеристик та конструктивних особливостей пристроїв, що застосовуються для теплотехнічних вимірювань в камерах для зберігання яблук, для вимірювання середньої температури використовувати як мінімум п'ять контрольних точок задля достовірності отриманих результатів, які безпосередньо впливають на процес зберігання яблук.

### Список літератури

1. ДСТУ 7075: 2009. Яблука свіжі для промислового перероблення. Загальні технічні умови. К. : Держспоживстандарт України, 2010.
2. Арестов О. П. Теплотехнічні виміри. Д. : Вид-во ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, 2008. 176 с.

3. Україна побила 5-річний рекорд з експорту яблук. URL : <https://agronews.ua/news/171502>.
4. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>.
5. Головченко О. М., Співак О. Ю., Грумінська Л. В. Теплотехнічні вимірювання та метрологія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 91 с.
6. Нубарян С. М. Контрольно-измерительные приборы в теплотехнических измерениях. Харьков : ХНАГХ, 2006. 283 с.
7. Мазин В. Д. Метрология и теплотехнические измерения. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 77 с.
8. Неменушчая Л. А., Степанищева Н. М., Соломатин Д. М. Современные технологии хранения и переработки плодо-овощной продукции. М. : ФГНУ, 2009. 172 с.
9. ДСТУ ISO 8682:2006 Яблука. Зберігання в регульованому газовому середовищі. URL : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=84810](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84810).
10. Клименко Л. П., Пізінцалі Л. В., Александровська Н. І. Метрологія, стандартизація та управління якістю. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011, 126 с.
11. Метрологические характеристики средств измерений. URL : <https://support17.com/metr-labs>.
12. ДСТУ 8133:2015. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів достигання. Технічні умови. URL : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=81228](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=81228).

#### References

1. DSTU 7075: 2009 (2010). *Yabluka svizhi dlya promyslovoho pereroblyannya. Zahalni tekhnichni umovy* [Apples are fresh for industrial processing. General technical conditions]. Kyiv, State consumer standard of Ukraine.
2. Arestov, O. P. (2008). *Teplotekhnichni vymiry* [Thermal measurements]. Dnipro, DNURT named after acad. V. Lazaryan, 176 p.
3. Agronews (2020). *Ukrayina pobyla 5-richnyy rekord z eksportu yabluk*. [Ukraine broke a 5-year record for apple exports]. Available at : <https://agronews.ua/news/171502>.
4. The Verkhovna Rada of Ukraine (2015). The Law of Ukraine “ On Metrology and Metrological Activity”. Available at : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>.
5. Holovchenko, O. M., Spivak, O. Yu., Hruminska L. V. (2006). *Teplotekhnichni vymiryuvannya ta metrolohiya* [Thermotechnical measurements and metrology]. Vinnytsia, VNTU, 91 p.
6. Nubaryan, S. M. (2006). *Kontrol'no-izmeritel'nyye pribory v teplotekhnicheskikh izmereniyakh* [Control and measuring devices in heat engineering measurements]. Kharkiv, KHNAGKh Publ., 283 p.
7. Mazin, V. D. (2010). *Metrologiya i teplotekhnicheskkiye izmereniya* [Metrology and heat engineering measurements]. St. Petersburg, Publishing house of Polytechnic. Univ., 77 p.
8. Nemenushchaya, L. A., Stepanishcheva, N. M., Solomatin, D. M. (2009). *Sovremennyye tekhnologii khraneniya i pererabotki plodo-ovoshchnoy produktsii* [Modern technologies for storage and processing of fruit and vegetable products]. Moscow, FGNU Publ., 172 p.
9. DSTU ISO 8682: 2006 (2007). *Yabluka. Zberihannya v rehulovanomu hazovomu seredovishchi* [Apples. Storage in a controlled gaseous medium]. Available at : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=84810](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84810).
10. Klimenko, L. P., Pizintsali, L. V., Aleksandrovskaaya, N. I. (2011). *Metrolohiya, standartyzatsiya ta upravlinnya yakisty* [Metrology, standardization and quality management]. Mykolaiv, BSSU Publishing House named after Petro Mohyla, 126 p.
11. Polytechnic Belarusian National Technical University. *Metrologicheskkiye kharakteristiki sredstv izmereniy* [Metrological characteristics of measuring instruments]. Available at : <https://support17.com/metr-labs>.
12. DSTU 8133:2015 (2015). *Yabluka svizhi serednikh ta piznikh terminiv dostyhannya. Tekhnichni umovy* [Fresh apples of medium and late ripening. Specifications]. Available at : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=81228](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=81228).

**Objective.** *The aim of the article is to study the metrological characteristics of thermal measurements in apple storage chambers.*

**Methods.** *The method of three control points is considered in the work for measuring the average temperature in fruit storage chambers.*

**Results.** *It is noted that an increase in the shelf life and a maximum reduction in the loss of apple fruits is of great practical importance, since they constitute a significant share in the nutrition of the population. Among the main reasons are mechanical damage, especially at the last stage of storage, when, as a result of ripening, the pulp of the fruit softens, which not only leads to a decrease in their strength, but also affects further transportation. At the same time, it is believed that the deterioration in quality indicators is due to both natural and external factors that reduce the consumer properties of the product. Analysis of statistics showed that, according to experts, in 2019 Ukraine increased the export of fresh apples by 26.5 % compared to 2018. The main buyers of apples are Belarus, Iraq, Turkey and Austria. However, in Ukraine in 2019 apple production decreased by 21 % due to a drop in yield and storage conditions. It was stated that the main controlled parameters of the storage process are temperature, relative humidity, air exchange, gas composition and illumination. Therefore, in the fruit and vegetable storehouse, the appropriate temperature and humidity of the air must be maintained, the control of which is carried out using appropriate measuring instruments. The metrological characteristics of devices for thermotechnical measurements are considered, intended for converting signals from measuring information into a form accessible for direct reproduction of observation. Attention is focused on the fact that according to the standards, when measuring the average temperature, the method of 3 control points is used; the representativeness of the results of which depends on the intervals between control points, which can be corrected during the measurement. Based on the analysis of metrological characteristics and design features of devices used for heat engineering measurements in chambers for storing apples, it is proposed to use at least five points to measure the average temperature for the reliability of the results obtained, which directly affect the storage process of apples.*

**Key words:** *metrological characteristics, thermal measurements, temperature, error, three-point method, apple storage.*

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-64-70

УДК [664.8.032:635.1/.8]: [66.021.4:621.565] (045)

*Мельник О. Є., канд. техн. наук<sup>1</sup>**Омельченко О. В., канд. техн. наук<sup>1</sup>**Цвіркун Л. О., канд. пед. наук<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: melnik@donnuet.edu.ua

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ  
ПІД ЧАС КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ В ХОЛОДИЛЬНИХ КАМЕРАХ  
ПЛОДООВОЧЕСХОВИЩА**

UDC [664.8.032:635.1/.8]: [66.021.4:621.565] (045)

*Melnyk O. E., PhD in Technical sciences<sup>1</sup>**Omelchenko O. V., PhD in Technical sciences<sup>1</sup>**Tsvirkun L. A., PhD in Pedagogical sciences<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: melnik@donnuet.edu.ua

**RESEARCH OF HEAT AND MASS EXCHANGE PROCESSES  
DURING AIR CONDITIONING IN REFRIGERATED CHAMBERS OF FRUIT-  
AND-VEGETABLE STORAGE**

***Мета.** Метою статті є дослідження тепломасообмінних процесів під час кондиціювання повітря в холодильних камерах плодоовочесховища.*

***Методи.** У роботі для удосконалення технології зберігання овочів та фруктів, раціональних способів зниження втрат розглянуто тепломасообмінні процеси, які невід'ємно пов'язані з теплофізичними методами, що відбуваються в овочесховищі, та властивостями рослинної сировини, за результатами яких можна визначити оптимальні умови зберігання різних сортів овочів та фруктів.*

***Результати.** Зазначено, що для камер зберігання овочів та фруктів вкрай важливим є регулювання необхідної вологості задля зниження швидкості висушування продукції, що зберігається. При цьому вважають, що головним завданням кондиціювання повітря є виконання технологічних вимог щодо створення сприятливих умов: бродіння тіста й опари на хлібо заводах, ферментації чаю на чайних фабриках, пророщування солоду на пивзаводах, дозрівання сиру на сирзаводах, зберігання м'ясних і ковбасних виробів на м'ясокомбінатах. Для удосконалення технології зберігання овочів та фруктів, раціональних способів зниження втрат продуктів було розглянуто тепломасообмінні процеси, що відбуваються в овочесховищах. Аналіз показав, що тепломасообмінні процеси невід'ємно пов'язані з теплофізичними методами та властивостями рослинної сировини, за результатами яких можна визначити оптимальні умови зберігання різних сортів овочів та фруктів. Вважається, що поточні параметри мікроклімату в сховищах залежать від великої кількості чинників, багато з яких є змінними, що пов'язане зі змінами в часі біологічного середовища і мінливістю температури, вологовмісту, швидкості руху, тиску зовнішнього повітря тощо. Розглянуто холодильне та вентиляційне обладнання, яке підтримує в холодильній камері оптимальну температуру і рівень вологості. Сконцентровано увагу на тому, що під час зберігання необхідно враховувати особливості кожного продукту та їх сумісність при короткостроковому і тривалому зберіганні; режими зберігання визначені температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря і мають бути постійні та рівномірно розподілені по об'єму камери. Наведено графік залежності теплофізичних показників рослинної сировини, на прикладі патисону, від вологості ( $W$ ), а саме температуропровідність ( $a$ ), теплопровідність ( $\lambda$ ) і теплоємність ( $c$ ). За результатами інтерпретовано, що всі константи в межах вологості*

Надійшла до редакції 02.11.2020 р.

© О. Є. Мельник, О. В. Омельченко,  
С. Л. Цвіркун, 2020



від 70 % до 80 % зменшуються, а після 80 % вологості коефіцієнти теплоємності і теплопровідності знову зростають, проте коефіцієнт температуропровідності продовжує зменшуватися за лінійним законом, що свідчить про те, що зі зростанням вологості спостерігається підвищення розглянутих констант.

**Ключові слова:** кондиціонування повітря, температурно-вологісні режими, тепломасообмінні процеси, теплофізичні показники, холодильна камера, овочесховище.

**Постановка проблеми.** Технологічне кондиціонування повітря, підтримання його параметрів в заданих межах широко застосовується у харчовій промисловості. Для камер зберігання овочів та фруктів вкрай важливим є урегулювання необхідної вологості задля зниження швидкості висушування продукції, що зберігається. В. Муратов наголошує, що головним завданням кондиціонування повітря є виконання технологічних вимог щодо створення сприятливих умов: бродіння тіста і опари на хлібозаводах, ферментації чаю на чайних фабриках, пророщування солоду на пивзаводах, дозрівання сиру на сирзаводах, зберігання м'ясних і ковбасних виробів на м'ясокомбінатах [1]. Створення та підтримка заданого технологічного температурно-вологісного режиму в приміщенні дозволяє забезпечити необхідну якість кінцевого продукту, бо недотримання відповідних режимів у процесі, наприклад, дозрівання копчених ковбас в камерах сушки призводить до зниження понад 21 % середньозваженої вологості продукції.

Так, у цехах кондитерського виробництва застосовують установки технологічного кондиціонування повітря для охолодження поточних ліній виробництва кондитерської продукції, які працюють на повній рециркуляції в теплу пору року, на зовнішньому повітрі — в холодну пору року і з частковою рециркуляцією — в перехідний час року. Недостатньо швидке охолодження карамелі атмосферним повітрям знижує влітку вироблення поточних ліній на 25–30 % [2]. Відповідно, вологість повітря — важливий параметр, який необхідно контролювати у процесі зберігання, особливо для листових овочів і м'яких фруктів, оскільки у них досить значна усушка.

Важливим чинником, що впливає на ефективне зберігання плодів і овочів, є рух повітря (повітрообмін) в камерах зберігання, що забезпечує відведення тепла, яке виділяється при диханні рослинної сировини. Недотримання оптимального температурно-вологісного режиму може призвести до псування продукції, зниження вмісту кисню або підвищення концентрації CO<sub>2</sub> [3]. Відповідно, для забезпечення певного мікроклімату необхідно підтримувати оптимальний баланс, що вимагає дослідження температурно-вологісних режимів повітря в холодильних камерах плодоовочесховища.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Удосконалення технології зберігання овочів та фруктів, раціональних способів зниження втрат продуктів вимагає дослідження тепломасообмінних процесів, що відбуваються в овочесховищах. Зазначені процеси невід'ємно пов'язані з теплофізичними методами та властивостями рослинної сировини, за результатами яких можна визначити оптимальні умови зберігання різних сортів овочів та фруктів. Необхідні поточні параметри мікроклімату в сховищах залежать від великої кількості чинників, багато з яких є змінними, що пов'язане зі змінами в часі біологічного середовища і мінливістю температури, вологовмісту, швидкості руху, тиску зовнішнього повітря тощо. На значення теплофізичних показників впливають температуропровідність ( $a$ ), теплопровідність ( $\lambda$ ) і теплоємність ( $c$ ).

Відповідно, теплофізичні характеристики продуктів є основними величинами при розрахунках технологічних процесів, в яких відбувається охолодження, нагрівання або заморожування. Одним з головних показників режиму зберігання рослинної сировини є температура і відносна вологість повітря. Тому зберігання овочів має здійснюватися з упровадженням систем клімат-контролю і вентиляції, що дозволить підтримувати продукт в потрібному стані. Для овочесховищ великих розмірів застосовується спеціальне обладнання, здатне функціонувати протягом тривалого часу, виключаючи можливість усушки, гниття і псування продуктів у результаті неправильного мікроклімату всередині овочесховища.

Як відомо, овочесховища за типом повітряної обробки поділяються на два типи: з природною і примусовою (активною) вентиляцією. При зберіганні в умовах природної вентиляції температура зовнішнього повітря має бути нижче температури закладеної на зберігання продукції, а під час використання активної вентиляції з'являються можливості її регулювання, оптимізації процесів просушування вологої продукції, відведення вологи і вуглекислого газу тощо. При тривалому зберіганні активне вентилювання призводить до суттєвих втрат маси плодоовочевої продукції через усушки. Тому виникає потреба в підвищенні ефективності систем кондиціонування повітря шляхом зменшення енерговитрат, пов'язаних з удосконаленням процесу тепловологісної обробки повітря в різні періоди року, та відповідних способів і засобів розподілення повітря, що дозволяє забезпечити подачу і розподіл повітря в приміщеннях відповідно до технологічних умов [4; 5]. Однією з найважливіших умов зберігання овочів є підтримання оптимальної температури. Для виконання цієї умови використовують установки рециркуляції, які дозволяють підігрівати припливне повітря до потрібної температури в холодну пору року.

Теплофізичні методи дозволяють побудувати математичні моделі для вивчення конкретних процесів, а саме розподіл температури та відносної вологості повітря в приміщенні, за допомогою технологічного обладнання (теплообмінники, холодильні машини, камери зволоження), в настигах або контейнерах з продукцією, враховуючи фізико-механічні властивості об'єктів зберігання (теплова інерційність та здатність до виділення вологи і фільтрації повітря) [6]. Тому під час кондиціонування повітря поряд з контактними теплообмінниками широко застосовуються поверхневі теплообмінники, які використовуються в якості повітрянагрівачів для сухого нагріву повітря і як повітроохолоджувачі, що можуть працювати в режимі сухого охолодження та в мокрому режимі [7]. В умовах стаціонарного тепломасопереносу в рекуперативному теплообміннику для  $\alpha$ -моделі застосовуються рівняння для температури, ентальпії і вологого повітря:

$$\frac{dt}{dx} = n_t (t_f - t); \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dx} = N_t (I_f - I); \quad (2)$$

$$\frac{dd}{dx} = n_m (d_f - d); \quad (3)$$

де  $t_p, I_p, d_p$  — відповідні температура, °С; ентальпія, кДж/кг; вологість вологого повітря, г/кг сух. пов., біля поверхні теплообмінника.

Найбільш точно процеси тепломасообміну відтворюються на основі системи рівнянь Рейнольдса [8]. Система рівнянь для опису процесу перенесення на основі одновимірної  $\alpha$ -моделі включає:

— рівняння руху

$$\frac{du_\phi}{d\tau} + \frac{1}{2} \cdot \frac{d(u^2)}{dx} = -\frac{1}{\rho_B} \cdot \frac{d}{dx} \left( \xi \cdot \frac{u^2}{2} \right); \quad (4)$$

— рівняння нерозривності

$$\frac{d\rho}{d\tau} + \frac{d(\rho u)}{dx} = 0; \quad (5)$$

— рівняння балансу теплової енергії

$$\frac{1}{u} \cdot \frac{dt}{d\tau} + \frac{dt}{dx} = \frac{\alpha_t F_{y\partial}}{(c_p \rho_p)_t u \Pi} (t_{nos} - t_e); \quad (6)$$

— рівняння балансу маси речовини в потенціалах вологості або вмісту вологи

$$\frac{1}{u} \cdot \frac{d\theta}{d\tau} + \frac{d\theta}{dx} = \frac{\alpha_t F_{y\partial}}{(c_{\theta} \rho_{\theta})_{\theta} u \Pi} (\theta_{нов} - \theta_{\theta}); \quad (7)$$

$$\frac{1}{u} \cdot \frac{\partial d}{\partial \tau} + \frac{\partial d}{\partial x} = \frac{\alpha_d F_{y\partial}}{\rho_{\theta} u \Pi} (d_{нов} - d_{\theta}), \quad (8)$$

де  $\varphi_x$  — проекція щільності масових сил на вісь  $x$ ;  $F_{y\partial}$  — площа поверхні на 1 м довжини, м<sup>2</sup>.

Аналіз наведених диференціальних рівнянь руху (4), теплової енергії (5–6), балансу маси речовини в потенціалах вологості (7) або вмісту води (8) дозволяє зробити висновок про складну багатофакторну залежність температурно-вологісного режиму в овочесховищі.

**Мета статті** — дослідження тепломасообмінних процесів під час кондиціювання повітря в холодильних камерах плодоовочесховища.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Холодильна камера для зберігання овочів (овочесховище) — це комплекс холодильного та вентиляційного обладнання, яке підтримує в холодильній камері оптимальну температуру і рівень вологості, перешкоджає високій концентрації продуктів дихання овочів у камері [9]. Холодильна система і система вентиляції використовуються для досягнення одного результату — зменшення втрати продукції у процесі зберігання. Під час зберігання необхідно враховувати особливості кожного продукту та їх сумісність при короткостроковому і тривалому зберіганні. Окрім того, режими зберігання визначені температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря і мають бути постійні та рівномірно розподілені по об'єму камери.

Плоди та овочі відносяться до продуктів, які швидко псуються, але мають використовуватися в харчуванні протягом року незалежно від сезону. Для збільшення терміну їх зберігання потрібна спеціальна обробка та відповідна технологія зберігання. Рекомендовані терміни і режими зберігання плодоовочевої продукції, наведені в табл. 1 [10].

**Таблиця 1** — Терміни і режими зберігання плодоовочевої продукції

Овочі та фрукти	Температура, °C	Відносна вологість повітря, %	Термін зберігання
Баклажани	7 – 10	85–90	до 10 днів
Кабачки	0 – 4	85–90	до 2 місяців
Картопля	+2 – 4	85–95	4–8 місяців
Лук ріпчастий	–2...+1	70–85	4–8 місяців
Морква	–0,5...+5	90–95	4–6 місяців
Патисони	0	90–95	2–4 місяця
Петрушка	0 – 1	85–90	1–2 місяця
Буряк	0	90–95	3–5 місяців
Часник	–1– 0	70–75	6–7 місяців
Виноград	0,5...–2	90–95	2–3 місяця
Слива	–1	-	2–3 тижні

Температура та вологість повітря в камері визначаються як середньоарифметичні значення між параметрами на вході в камеру  $t_{k1}$ ,  $\varphi_{k1}$  і на виході з камери  $t_{k2}$ ,  $\varphi_{k2}$  [6]:

$$t_k = 0.5 \cdot (t_{k1} + t_{k2}), \quad \varphi_k = 0.5 \cdot (\varphi_{k1} + \varphi_{k2}). \quad (9)$$

Отримаємо

$$\Delta G = (b_0 + 0.5 \cdot b_1 \cdot t_{k1} - 0.5 \cdot b_2 \cdot \varphi_{k1}) + b_1 \cdot t_{k2} - b_2 \cdot \varphi_{k2} + b_3 \cdot G_v \quad (10)$$

$$B = b_0 + 0.5 \cdot b_1 \cdot t_{k1} - 0.5 \cdot b_2 \cdot \varphi_{k1}.$$

Технологічні параметри мікроклімату у сховищах забезпечуються системами підтримки параметрів мікроклімату.

Складові теплового та вологісного балансів у овочесховищі можуть бути рівні нулю, бути позитивними або негативними залежно від періоду року. Параметри на вході в камеру є постійними, бо регулюються засобами автоматики (рис. 1).

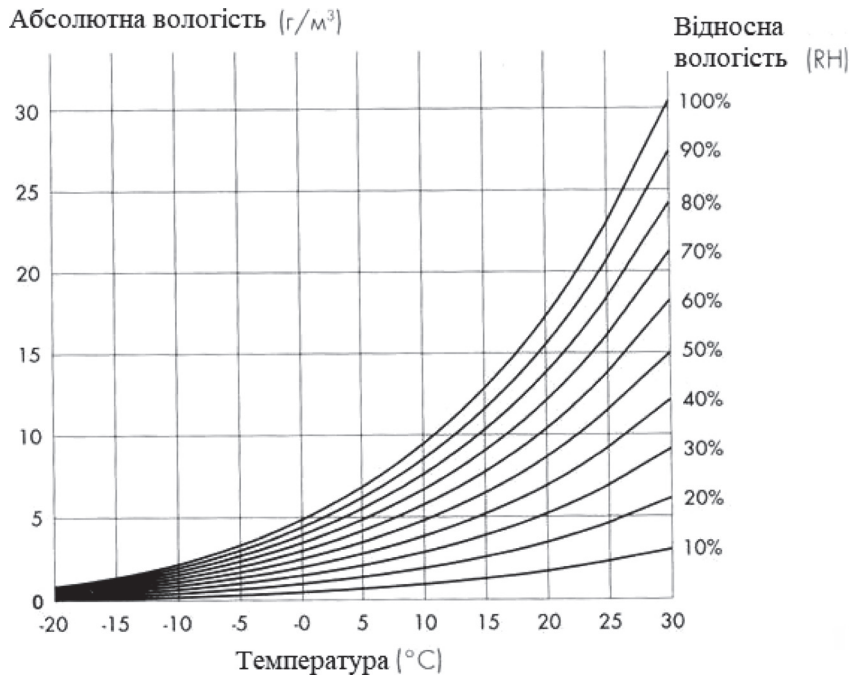


Рисунок 1 — Графік залежності температури від вологості повітря

Як відомо, відносна вологість залежить від температури: чим більше нагрівається повітря, тим нижче відносна вологість.

На значення теплофізичних показників овочів та фруктів впливає температуропровідність ( $\alpha$ ), теплопровідність ( $\lambda$ ) і теплоємність ( $c$ ). Графік залежності теплофізичних показників рослинної сировини, на прикладі патисону, від вологості ( $W$ ), наведено на рис. 2.

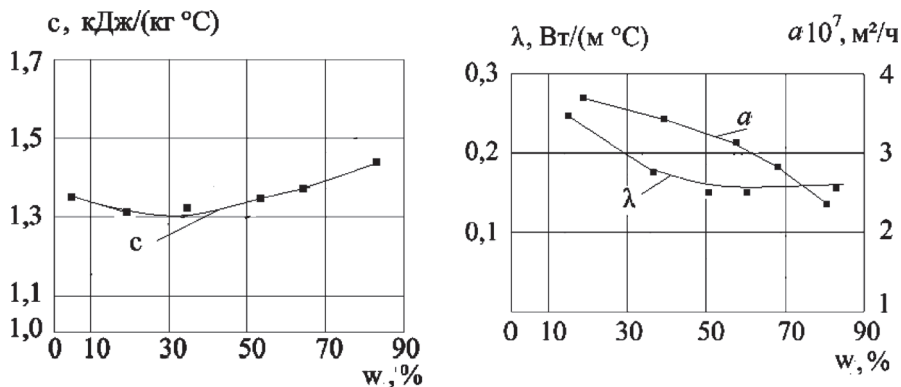


Рисунок 2 — Вплив вологості на теплофізичні характеристики патисону:  
 $\alpha$  — температуропровідність;  $\lambda$  — теплопровідність;  $c$  — теплоємність

З графіку (рис. 2) видно, що всі константи в межах вологості від 70 % до 80 % зменшуються, після 80 % вологості коефіцієнти теплоємності і теплопровідності знову зростають, а коефіцієнт температуропровідності продовжує зменшуватися за лінійним законом, що свідчить про те, що зі зростанням вологості спостерігається підвищення констант.

**Висновки.** Отже, для камер зберігання овочів та фруктів вкрай важливим є регулювання необхідної вологості задля зниження швидкості висушування продукції, що зберігається. Створення та підтримка заданого технологією температурно-вологісного режиму в приміщенні дозволяє забезпечити необхідну якість кінцевого продукту. Задля удосконалення технології зберігання овочів та фруктів, раціональних способів зниження втрат продуктів було

розглянуто тепломасообмінні процеси, що відбуваються в овочесховищах, які невід'ємно пов'язані з теплофізичними методами та властивостями рослинної сировини.

Зазначено, що необхідні поточні параметри мікроклімату у сховищах залежать від великої кількості чинників, багато з яких є змінними, що пов'язане зі змінами в часі біологічного середовища і мінливістю температури, вологовмісту, швидкості руху, тиску зовнішнього повітря тощо. Тому під час зберігання необхідно враховувати особливості кожного продукту та їх сумісність при короткостроковому і тривалому зберіганні. Окрім того, режими зберігання визначені температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря і мають бути постійні та рівномірно розподілені по об'єму камери.

Наведено графік залежності теплофізичних показників патисону від вологості (W), а саме температуропровідності (a), теплопровідності ( $\lambda$ ) і теплоємності (c). За результатами видно, що всі константи в межах вологості від 70 % до 80 % зменшуються, а після 80 % вологості коефіцієнти теплоємності і теплопровідності знову зростають, проте коефіцієнт температуропровідності продовжує зменшуватися за лінійним законом, що свідчить про те, що зі зростанням вологості спостерігається підвищення констант.

### Список літератури

1. Муратов В. Г. Автоматизированное управление микроклиматом в технологических процессах пищевых производств : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.07. Одесса, 2014. 184 с.
2. Поддержка микроклимата в кондитерском производстве. 26.11.2013. URL : <http://uash.com.ua/about/news/2111-confectionery-climate.html>.
3. ДСТУ ISO 2169:2003. Фрукти й овочі. Фізичні умови зберігання на холоді. Визначення та вимірювання. К. : Держспоживстандарт України, 2003.
4. Базилев Р. В. Повышение эффективности систем кондиционирования воздуха в помещениях переработки сырья на мясоперерабатывающих предприятиях : дис. ... канд. тех. наук : 05.04.03. М., 2006. 211 с.
5. Вентиляция овощехранилищ. URL : <https://ventall.ua/stati/vegivent/>.
6. Грищенко В. О. Автоматизація процесу керування холодильним обладнанням в плодоовочесховищах : дис. ... канд. тех. наук: 05.13.07. К., 2016. 212 с.
7. Аверкин А. Г., Еремкин А. И. Совершенствование устройств тепловлажностной обработки воздуха и методов расчета климатехники. Пенза : ПГУАС, 2015. 204 с.
8. Бодров В. И., Бодров М. В. Тепломассообмен в биологически активных системах (теория сушки и хранения). Н. Новгород : ННГАСУ, 2013. 145 с.
9. Холодильное оборудование. URL : <http://komplektushie/kholodilnye-kamery/kholodilnye-kamery-dlya-ovoshchej-ovoshchekhranilishcha>.
10. ДСТУ 8568:2015. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення швидкозаморожені. Пакування, маркування, транспортування та зберігання. К. : Держспоживстандарт України, 2015.

### References

1. Muratov, V. G. (2014). *Avtomatizirovannoye upravleniye mikroklimatom v tekhnologicheskikh protsessakh pishchevykh proizvodstv*. [Automated control of microclimate in technological processes of food production. Thesis of PhD in Engineering sciences]. Odessa, 184 p.
2. Рефкул Инжиниринг (2013). *Podderzhka mikroklimata v konditerskom proizvodstve* [Microclimate support in the confectionery industry]. Available at : <http://uash.com.ua/about/news/2111-confectionery-climate.html>.
3. DSTU ISO 2169:2003 *Frukty i ovochi. Fizychni umovy zberihannya na kholodi. Vyznachen-nya ta vymiryuvannya*. [Fruits and vegetables. Physical conditions of cold storage. Definition and measurement]. Kyiv, State consumer standard of Ukraine., 2003.
4. Bazylev, R. V. (2006). *Povysheniye effektivnosti sistem konditsionirovaniya vozdukha v pomeshcheniyakh pererabotki syr'ya na myasopererabatyvayushchikh predpriyatiyakh* [Improving the efficiency of air conditioning systems in raw materials processing rooms at meat processing plants. Thesis of PhD in Engineering sciences]. Moscow, 211 p.

5. *Ventilyatsiya ovoshchekhranilishch* (2018). [Ventilation of vegetable stores]. Available at : <https://ventall.ua/stati/vegivent>.
6. Grishchenko, V. O. (2016). *Avtomatyzatsiya protsesu keruvannya kholodyl'nym obladnannya v plodoovochoeshkovyshchakh* [Automation of refrigeration equipment management process in fruit and vegetable storages. Thesis of PhD in Engineering sciences]. Kyiv, 212 p.
7. Averkin, A. G., Yeremkin, A. I. (2015). *Sovershenstvovaniye ustroystv teplovlazhnostnoy obrabotki vozdukhа i metodov rascheta klimatekhniki* [Improvement of devices for heat and humidity treatment of air and methods for calculating climatic engineering]. Penza, PGUAS Publ., 204 p.
8. Bodrov, V. I., Bodrov, M. V. (2013). *Teplomassoobmen v biologicheski aktivnykh sistemakh (teoriya sushki i khraneniya)* [Heat and mass transfer in biologically active systems (theory of drying and storage)]. N. Novgorod, NNGASU Publ., 145 p.
9. *Kholodil'noye oborudovaniye* [Refrigeration equipment]. Available at : <http://komplekshie/kholodilnye-kamery/kholodilnye-kamery-dlya-ovoshchej-ovoshchekhranilishcha>.
10. DSTU 8568:2015 *Frukty, ovochi ta produkty yikh pereroblennya shvydkozamorozheni. Pakuvannya, markuvannya, transportuvannya ta zberihannya* [Fruits, vegetables and processed products are quick-frozen. Packing, marking, transportation and storage]. Kyiv, State consumer standard of Ukraine, 2015.

**Objective.** *The purpose of the article is to study heat exchange processes during air conditioning in refrigerating chambers of fruit-and-vegetable storage.*

**Methods.** *In the work on improving the technology of storage of vegetables and fruits, rational ways to reduce losses, heat and mass transfer processes are considered, which are inextricably linked with thermophysical methods occurring in the vegetable storage and the properties of vegetable raw materials.*

**Results.** *It is noted that for the storage chambers of vegetables and fruits it is extremely important to regulate the necessary humidity to reduce the speed of drying for the preserved products. At the same time, it is considered that the main task of air conditioning is to meet technological requirements to create favorable conditions: fermentation of dough and mash in bakeries, fermentation of tea in tea factories, germination of malt in breweries, cheese ripening in cheese factories, storage of meat and sausage products. To improve the technology of storage of vegetables and fruits, rational ways to reduce food losses were considered the heat and mass transfer processes occurring in vegetable storages. The analysis showed that the heat and mass transfer processes are inextricably linked with thermophysical methods and properties of plant raw materials, the results of which can determine the optimal storage conditions for different varieties of vegetables and fruits. It is stated that the current parameters of the microclimate in storage depend on many factors, many of which are variable, due to changes in the biological environment and variability of temperature, humidity, speed, outdoor air pressure and the like. Refrigeration and ventilation equipment that maintains the optimum temperature and humidity level in the refrigerator is considered. Attention is focused on the fact that during storage, it is necessary to take into account the features of each product and their compatibility during short-term and long-term storage; storage modes determined by temperature, relative humidity and air velocity must be constant and evenly distributed over the volume of the chamber. It is presented the graph of dependence of thermophysical indicators of vegetable raw materials on the example of squash on humidity ( $W$ ), namely thermal conductivity ( $a$ ), thermal conductivity ( $\lambda$ ) and heat capacity ( $c$ ). According to the results, it is interpreted that all constants in the range of humidity from 70 % to 80 % decrease, and after 80 % humidity the coefficients of heat capacity and thermal conductivity increase again, but the thermal conductivity continues to decrease linearly, indicating that with increasing humidity constants.*

**Key words:** *air conditioning, temperature and humidity conditions, heat and mass transfer processes, thermophysical indicators, refrigerated chamber, vegetable storage.*

# РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-71-78  
УДК 628.161

*Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*  
*Гузенко В. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Мазняк З. О., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Омельченко О. О., канд. техн. наук, доцент<sup>2</sup>*  
*Швидько В. М., магістрант<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Харківський державний університет харчування та торгівлі (м. Харків, Україна), e-mail: oborud.hduht@gmail.com

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ СИРОВАТКИ З-ПІД КИСЛОГО СИРУ

UDC 628.161

*Deynyuchenko G. V., Grand PhD of Engineering  
Science, Professor<sup>1</sup>*  
*Guzenko V. V., PhD of Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Maznyak Z. O., PhD of Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Omelchenko O. V., PhD of Engineering sciences<sup>2</sup>*  
*Schvydko V. M., graduate student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Ukraine, e-mail: oborud.hduht@gmail.com

<sup>2</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

## RESEARCH OF THE INTENSIFICATION METHOD OF THE ULTRAFILTRATION PROCESS OF CURDY WHEY

**Мета.** Мета статті полягає у дослідженні концентрування сироватки з-під кислого сиру через ультрафільтраційну мембрану із застосуванням методу інтенсифікації процесу.

**Методи.** З метою прискорення процесу УФ-концентрування знежиреного молока був запропонований метод боротьби з поляризаційним шаром шляхом барботування оброблюваних харчових рідин бульбашками повітря або інертного газу в безпосередній близькості від поверхні напівпроникних УФ-мембран. Прискорення процесу ультрафільтрації при цьому відбувається за рахунок сукупного впливу на гель, що утворився на поверхні мембрани, тиску барботування, турбулізації потоків оброблюваної рідини і гідравлічного удару рідини об поверхню УФ-мембрани.

Для дослідження впливу барботування на процес ультрафільтраційного розділення харчової рідини включають компресор для барботування, який через барботуючий пристрій створює турбулізаційні системи на поверхні напівпроникної мембрани. У процесі ультрафільтрації пермеат проходить скрізь пори мембран, відводиться з фільтрувального модуля при використанні штуцера і збирається в ємність. Ультрафільтраційний концентрат розділеної рідини при досягненні необхідних значень фактора концентрації відбирається з фільтрувального модуля за допомогою крану.

Надійшла до редакції 26.10.2020 р.

© Г. В. Дейниченко, В. В. Гузенко, З. О. Мазняк,  
О. О. Омельченко, В. М. Швидько, 2020

**Результати.** Наведено результати експериментальних досліджень щодо застосування способу барботування для зменшення поляризаційного шару в процесах ультрафільтраційного концентрування сироватки з-під кислого сиру та його впливу на продуктивність ультрафільтраційних мембран. Розроблено математичну модель, в основі якої лежить регресійне рівняння факторного експерименту із застосуванням способів барботування рідини, що розділяється над поверхнею мембран, для вибору технологічних параметрів процесу мембранного концентрування сироватки з-під кислого сиру. Визначено раціональні параметри ультрафільтраційного концентрування сироватки з-під кислого сиру із застосуванням способів барботизації вихідної сировини бульбашками газу в безпосередній близькості від поверхні ультрафільтраційної мембрани. За результатами дослідження було встановлено доцільність застосування нового способу видалення гель-шару.

**Ключові слова:** сироватка з-під кислого сиру, процес, мембрана, ультрафільтрація, барботування.

**Постановка проблеми.** Сироватка — це рідкий вторинний продукт молочної промисловості, що виробляється під час виробництва сирів і казеїну. В якості сировини вона має широкі сфери застосування в харчовій промисловості завдяки функціональним та поживним властивостям білків, що містяться у її складі [1; 2].

Концентрат сироваткового протеїну одержують шляхом надтонкої фільтрації сироватки для концентрування протеїнів у невеликому об'ємі, які після цього сушать до розчинного порошку. Такі концентрати сироваткового протеїну використовуються в якості складових харчових продуктів у готельному та ресторанному бізнесі для виготовлення різних кулінарних та кондитерських виробів, хлібобулочних виробів, кондитерських кремів, крабових паличок, тортів, соусів, дитячих сумішей, тонізуючих напоїв тощо. Важливий аспект сироваткових протеїнів у тому, що вони мають успіх в якості емульгаторів у харчових системах [3; 4].

Сироваткові білкові концентрати мають різну концентрацію для структуроутворення. Взагалі, білкові сироваткові концентрати здатні утворювати гель за 60–90 °С та концентрації 80–120 г/л. Процес утворення відбувається під впливом температури і тривалості нагріву, рН та іонної сили, концентрації солі, білка, цукру і ліпідів. Піноутворювальні властивості сироваткових білків в основному залежать від ступеня їх денатурації. Ці властивості є кращими для неденатурованих сироваткових білків. Через ступінь денатурації, концентрації Са-іонів, температури, рН, вміст ліпідів спінювальні властивості сироваткових білків варіюються [5; 6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використання методів мембранного концентрування, зокрема ультрафільтрації (УФ), при переробці такої знежиреної молочно-білкової сировини (сирної сироватки) відкриває для молокопереробного підприємства значні можливості з боку як створення й удосконалення виробничих процесів і збільшення рентабельності виробництва, так і забезпечення екологічної безпеки за рахунок введення безвідходних технологій переробки вторинної молочної сировини [7].

Застосування ультрафільтрації при концентруванні молочної сировини може бути набагато дешевше, ніж, наприклад, виморожування. Це пояснюється підвищенням ресурсозбереження при отримванні нових молочних продуктів без втрати лабільних компонентів і погіршення смаку, що часто супроводжується при концентруванні методами термічної обробки. При цьому екологічна безпека підвищується за рахунок мінімальної кількості відходів, що, безумовно, має позитивний вплив на навколишнє середовище [8].

Стримуючу роль у розвитку мембранних методів обробки білково-вуглеводної молочної сировини грає невисока питома продуктивність УФ-мембран, зумовлена специфічними властивостями високомолекулярних речовин білково-вуглеводної молочної сировини [9; 10]. При цьому широкому впровадженню мембранних процесів перешкоджає зниження проникності УФ-мембран в процесі поділу, основною причиною чого називають виникнення шару осаду на поверхні УФ-мембрани — поляри-



заційного шару [11; 12]. Для зниження виникнення поляризаційного шару необхідно передбачити в конструкції розроблюваного мембранного обладнання пристрій, який би турбулізований потік розділяв високомолекулярною рідкою полідисперсною системою [13].

З найбільш ефективних способів зниження швидкості формування шару концентраційної поляризації слід виокремити гідромеханічні. Більш детально зі способами і пристроями гідромеханічного зниження виникнення поляризаційного шару на поверхні мембран можна ознайомитися в роботах [14; 15]. Зі спектра існуючих гідромеханічних способів перспективним є застосування процесу барботування потоку, що розділяється системою. Очікуваний результат використання зазначеного процесу передбачає необхідність дослідження робочих параметрів барботування сирної сироватки і його вплив на кількісну характеристику процесу мембранного концентрування.

**Мета статті** — дослідження концентрування сироватки з-під кислого сиру через ультрафільтраційну мембрану із застосуванням методу інтенсифікації процесу.

Щоб досягти зазначеної мети, необхідно вирішити такі завдання:

- дати характеристику сучасних методів зниження поляризаційного шару на поверхні УФ-мембрани;
- визначити чинники, що впливають на процес мембранного концентрування сирної сироватки з використанням способу барботування;
- на підставі результатів дослідження визначити раціональні параметри мембранного концентрування сирної сироватки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для визначення технологічних параметрів процесу ультрафільтраційного концентрування сироватки з-під кислого сиру використовувалася математична модель за методом планування експерименту [16; 17]. Рівняння регресії (1–2), отримані внаслідок моделювання змінних параметрів УФ-концентрування сироватки з-під кислого сиру, сприяють більш детальному вивченню явищ, що проходять на поверхні мембрани на основі сополімерів акрилонітрилу (ПАН) під час ультрафільтрації знежиреної молочної сировини [18].

Продуктивність мембрани під час УФ-концентрування сироватки з-під кислого сиру у звичайному режимі:

$$G_c = 2,078 + 0,136 \cdot t + 31,969 \cdot P - 1,442 \cdot \tau - \left. \begin{array}{l} -5,202 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 39,575 \cdot P^2 + 0,223 \cdot \tau^2 - \\ -3,333 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot P - 0,014 \cdot t \cdot \tau + 1,467 \cdot P \cdot \tau. \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де  $t$  — температура УФ-концентрування, °C;  $P$  — тиск фільтрації, МПа;  $\tau$  — тривалість процесу УФ-концентрування.

Продуктивність мембрани при УФ-концентруванні сироватки з-під кислого сиру з використанням методу барботування:

$$G_c^b = -36,803 + 0,069 \cdot t + 42,708 \cdot P + 116,559 \cdot P_1 + \left. \begin{array}{l} +24,698 \cdot n_b + 3,323 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 53,807 \cdot P^2 - 97,917 \cdot P_1^2 - \\ -43,482 \cdot n_b + 8,042 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot P + 7,158 \cdot 10^{-3} \cdot t \cdot P_1 + \\ +0,012 \cdot t \cdot n_b + 13,64 \cdot P \cdot P_1 + 2,016 \cdot P \cdot n_b - 12,439 \cdot P_1 \cdot n_b. \end{array} \right\}, \quad (2)$$

де  $n_b$  — частота барботування,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $P_1$  — тиск барботування, МПа.

Для проведення дослідження використовували сироватку з-під кислого сиру, яку отримували на підприємстві ТОВ «Куп'янський молочноконсервний комбінат», м. Куп'янськ, Харківська область, Україна з таким хімічним складом: вміст сухих речовин — 5,4 %; білок — 1,1 %; жир — 0,2 %.

У роботі були досліджені основні параметри методу барботування: частота та тиск (рис. 1–2). Спочатку досліджено вплив частоти барботування на продуктивність дослі-

джуваних УФ-мембран під час концентрування сироватки з-під кислого сиру при температурі 20 °С і тиску процесу 0,4 МПа (рис. 1) [14].

З рис. 1 видно, що інтенсивне підвищення продуктивності обох мембран відбувається зі збільшенням частоти барботування до значень 0,10...0,15 хв<sup>-1</sup>, після чого показники продуктивності при мембранному концентруванні знежиреного молока стабілізуються.

Окрім частоти барботування, на створення гідродинамічних умов біля поверхні напівпроникних УФ-мембран здійснює також вплив тиск барботування ( $P_6$ ). Тому на наступному етапі досліджували вплив тиску барботування на продуктивність мембран типу ПАН (ПАН-50 і ПАН-100). Результати досліджень наведені на рис. 2.

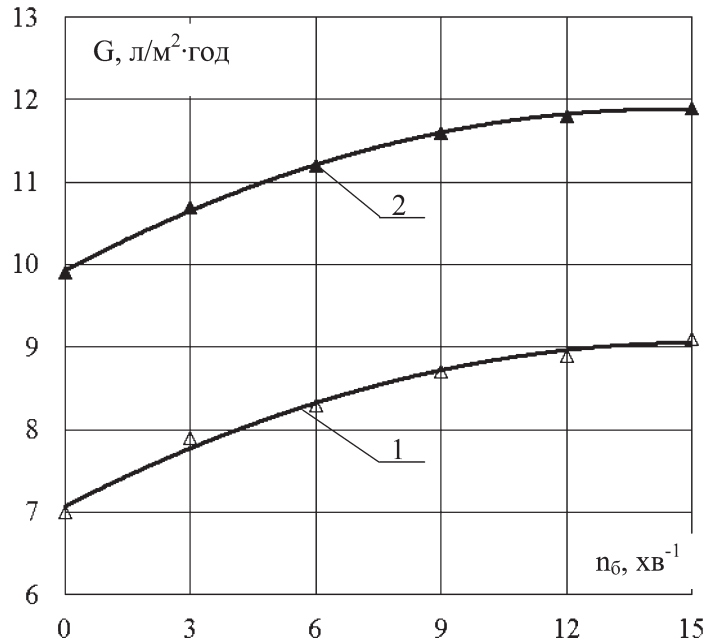
Дані рис. 2 показують, що тиск барботування впливає на процес УФ меншою мірою, ніж частота барботування. З підвищенням тиску барботування продуктивність УФ-мембран монотонно збільшується, причому ця залежність носить лінійний характер.

Оптимізація робочих режимів процесу УФ сироватки з-під кислого сиру в тупиковому режимі і з використанням методу зниження поляризаційного шару дозволила побудувати тривимірні графічні залежності (рис. 3).

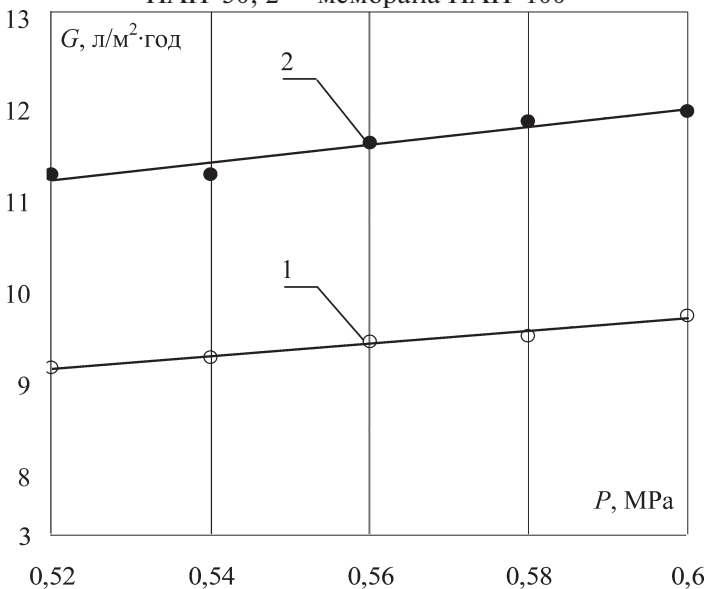
Найбільш раціональні режими мембранного концентрування виокремлені на графічних залежностях спеціальною штрихуванням.

Результати дослідження дозволили визначити, що максимальна ефективність мембранного концентрування сироватки з-під кислого сиру в звичайному режимі, а також із застосуванням барботування досягається при значеннях тиску фільтрації 0,4–0,5 МПа, температури – 40...50 °С.

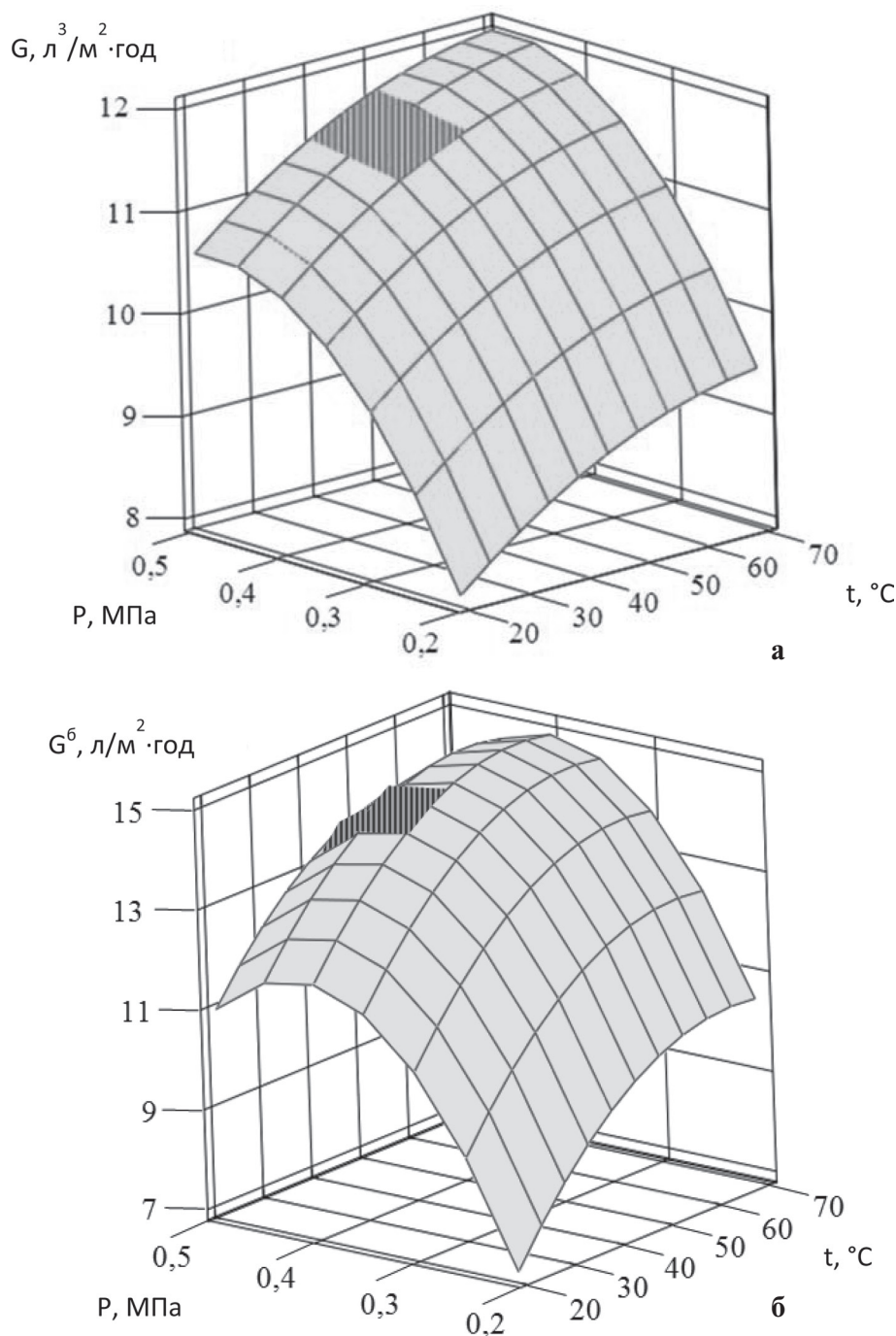
Аналізуючи результати математичного моделювання, можна зробити висновок, що з підвищенням температури від 20 °С до 40...50 °С відбувається збільшення швидкості руху пермеату на 1,29–1,32 раза при УФ-концентруванні сироватки з-під кислого сиру за ра-



**Рисунок 1** — Залежність продуктивності (G) УФ-мембран від частоти барботування ( $n_6$ ) при УФ-концентруванні сироватки з-під кислого сиру (температура 20 °С, тиск фільтрації 0,4 МПа і тиск барботування 0,46 МПа): 1 — мембрана ПАН-50; 2 — мембрана ПАН-100



**Рисунок 2** — Залежність продуктивності (G) УФ-мембран від тиску барботування ( $P_6$ ) при УФ-концентруванні сироватки з-під кислого сиру (температура 20 °С, тиск фільтрації 0,4 МПа і частота барботування 0,15 хв<sup>-1</sup>): 1 — мембрана ПАН-50; 2 — мембрана ПАН-100



**Рисунок 3** — Математична модель вибору параметрів роботи УФ-мембран типу ПАН при УФ-концентруванні сироватки з-під кислого сиру: а — звичайний режим; б — з барботуванням вихідної сировини при частоті  $n_0 = 0,15 \text{ хв}^{-1}$  і тиску барботування  $P_1 = 0,58 \text{ МПа}$

хунок зменшення його в'язкості. При подальшому ж підвищенні температури швидкість УФ-концентрування майже не змінюється, що можна пояснити прихованою коагуляцією білка [8; 19].

Зі збільшенням тиску процесу УФ видно, що продуктивність УФ-мембран інтенсивно збільшується при значеннях 0,3–0,4 МПа для звичайного режиму і 0,4–0,5 МПа з використанням методу барботування вихідної сировини, після чого значення продуктивності починає знижуватися. Очевидно, це пояснюється зростанням гідравлічного опору під час утворення на поверхні УФ-мембрани осаду [20].

**Висновки.** Сьогодні актуальним є питання створення нових технологій отримання сироваткових концентратів мембранними методами з використанням способів зниження

поляризаційного шару на поверхні напівпроникної мембрани, що сприяло б збільшенню продуктивності мембранного обладнання.

Отримано результати експериментів, що дозволяють визначити раціональні параметри проведення процесу УФ-концентрування сироватки з-під кислого сиру на мембранах типу ПАН із застосуванням барботування: тиск — 0,4–0,5 МПа, температура процесу — 40...50 °С, частота барботування — 0,10–0,15 хв<sup>-1</sup>, тиск барботування — 0,56–0,58 МПа.

Встановлено, що в режимі барботування відбувається інтенсифікація процесу УФ-концентрування сироватки з-під кислого сиру порівняно з УФ в тупиковому режимі в 1,3–1,4 раза. Однак таке явище призводить лише до часткового усунення поляризаційного шару з поверхні мембрани.

Проведені дослідження є продовженням досліджень щодо вдосконалення мембранного концентрування харчових рідин з використанням нових мембран і методів зниження поляризаційного гелі-шару.

Отримані результати можуть бути використані під час дослідження інших технологічних параметрів процесу мембранного концентрування білково-вуглеводної молочної сировини, а також для удосконалення апаратурного оснащення ліній з переробки вторинної молочної сировини.

Застосування запропонованого способу мембранного концентрування сироватки з-під кислого сиру дозволяє підвищити екологічну безпеку за рахунок маловідходності процесу, збільшити рентабельність за рахунок отримання нових молочних продуктів, а також підвищити складову ресурсозбереження під час впровадження вказаного способу у виробництво.

#### Список літератури

1. Archer R. H. Whey products. New Zealand Institute of Chemistry. URL : <http://nzic.org.nz>.
2. Назаренко Ю. В., Ященко С. Ю. Особливості використання молочної сироватки та ретентату, отримання високоякісних напоїв оздоровчого харчування. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2016. Вип. 2 (23). С. 127–142.
3. Jooyandeh H. Whey proteins: health benefits and food applications. *Journal of international research in medical and pharmaceutical sciences*. 2016. 9 (2), pp. 63–73. doi: 10.15406/japlr.2016.03.00083.
4. Богомолов В. Ю., Лазарев С. И. Промышленная переработка вторичного молочного сырья. *Вопросы современной науки и практики*. 2014. № 1 (50). С. 82–91.
5. *Энциклопедия питания. Том 3. Характеристика продуктов питания / под общ. ред. Л. З. Шильмана*. Харьков : Мир Книг, 2014. 744 с.
6. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию. Москва : Дели принт, 2007. 208 с.
7. Konrad, G. Kleinschmidt T., Lorenz C. Ultrafiltration of whey buttermilk to obtain a phospholipid concentrate. *International Dairy Journal*. 2013. Vol. 30. Iss. 1. Pp. 39–44. doi: 10.1016/j.idairyj.2012.11.007.
8. Мирончук В. Г., Змієвський Ю. Г. Мембранні процеси в технології комплексної переробки сироватки : монографія. Київ : НУХТ, 2013. 153 с.
9. Baker R. W. *Membrane technology and applications*. Second edition. Chichester, England: John Wiley and Sons. 2004. 545 p. doi: 10.1002/0470020393.
10. Kumar P., Sharma N., Ranjan R., Kumar S. Perspective of Membrane Technology in Dairy Industry: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2013. 9 (26). P. 1347–1358. doi: 10.5713/ajas.2013.13082.
11. Hu, K., Dickson, J. (2015) *Membrane Processing for Dairy Ingredient Separation*. Oxford : Wiley Blackwell, 269 p. doi: 10.1002/9781118590331.
12. Евдокимов Е. А., Володин Д. Н., Головкина М. В., Золотарёва М. С. и др. Обработка молочного сырья мембранными методами. *Молочная промышленность*. 2012. № 2. С. 49–50.

13. Li Y., Corredig M. Calcium release from milk concentrated by ultrafiltration and diafiltration. *Journal of dairy science*. 2014. 97 (95). P. 294–5302. doi: 10.12988/ams.2014.312698.
14. Дейниченко Г. В. та ін. Розробка пристрою для інтенсифікації процесу ультрафільтраційного концентрування рідких високомолекулярних полідисперсних систем. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2016. № 16. Т. 1. С. 70–75.
15. Lobasenko B., Semenov A. Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer. *Foods and Raw Materials*. 2013. Vol. 1. No. 1. P. 74–81. <https://doi.org/10.12737/1560>.
16. Енциклопедія мембран : в 2 т. / упоряд. М. Т. Брик. Київ : Києво-Могилянська академія, 2005. Т. 1. 658 с.
17. Samarskii A. A., Mikhailov A. P. Principles of Mathematical Modeling. Boca Raton : CRC Press Taylor & Francis Group. 2018. 349 p. doi.org/10.1201/9781482288131.
18. Остапчук М. В., Станкевич Г. М. Математичне моделювання на ЕОМ : підручник. Одеса : Друк, 2006. 313 с.
19. Deynichenko G., Guzenko V., Udovenko O., Omelchenko A., Melnik O. Studying a new anti-polarization method in the process of ultrafiltration of skimmed milk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. 6/11 (84). P. 4–8. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00232.
20. Deynichenko G., Mazniak Z., Zolotukhina I., Gafurov O. Membrane concentration of non-fat milk stuff. *Industrial Engineering Journal «RECET»*. 2011. № 3 (33). P. 245–248.

#### References

1. Archer, R. H. Whey products. New Zealand Institute of Chemistry. URL : <http://nzic.org.nz>.
2. Nazarenko, Yu. V., Yashhenko, S. Yu. (2016). *Osoblyvosti vykorystannya molochnoyi syrovatky ta retentatu, otrymannya vysokoyakisnykh napoyiv ozdorovchogo kharchuvannya* [Features of the use of whey and retentate, obtaining high-quality health food drinks]. *Progresyvni tekhnika ta tekhnologiyi kharchovych vyrobnystv restorannogo gospodarstva i torgivli* [Advanced techniques and technologies of food production, restaurant business and trade], vol. 2 (23), pp. 127–142.
3. Jooyandeh, H. (2016). Whey proteins: health benefits and food applications. *Journal of international research in medical and pharmaceutical sciences*, 9 (2), pp. 63–73. doi: 10.15406/japlr.2016.03.00083.
4. Bogomolov, V., Lazarev, S. (2014). *Promyshlennaja pererabotka vtorichnogo molochnogo syrja* [Industrial processing of secondary dairy raw materials]. *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki* [Issues of modern science and practice], no. 1 (50), pp. 82–91.
5. Shilman, L. and other (2014). *Entsyklopedija pitaniia. Charakteristika produktov pitaniia*. [Encyclopedia of food. Characteristics of food], vol. 3. Kharkiv, Mir Knig Publ.
6. Svitcov, A. A. (2007), *Vvedenie v membrannuju tehnologiju* [Introduction to membrane technology]. Moscow, Deli print Publ.
7. Konrad, G. Kleinschmidt, T., Lorenz, C. (2013). Ultrafiltration of whey buttermilk to obtain a phospholipid concentrate. *International Dairy Journal*, vol. 30, iss. 1, pp. 39–44. doi: 10.1016/j.idairyj.2012.11.007.
8. Myronchuk V. H., Zmiievskiy Yu. H. (2013). *Membrani protsesy v tekhnologii kompleksnoi pererobky syrovatky* [Membrane processes in technology of whey processing complex]. Kyiv, NUXT Publ.
9. Baker, R. W. (2004). Membrane technology and applications. Second edition. Chichester, England: John Wiley and Sons,. 545 p. doi: 10.1002/0470020393.
10. Kumar, P., Sharma, N., Ranjan, R., Kumar, S. (2013). Perspective of Membrane Technology in Dairy Industry: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 9, 26, pp. 1347–1358. doi: 10.5713/ajas.2013.13082.
11. Hu, K., Dickson, J. (2015) Membrane Processing for Dairy Ingredient Separation. Oxford : Wiley Blackwell,. 269 p. doi: 10.1002/9781118590331.
12. Evdokimov, E., Volodin, D., Golovkina, M., Zolotareva, M. (2012). *Obrabotka molochnogo syr'ja membrannymi metodami* [Processing raw milk membrane methods], *Molochnaja promyshlennost'* [Dairy industry], no. 2, pp. 49–50.

13. Li, Y., Corredig, M. (2014). Calcium release from milk concentrated by ultrafiltration and diafiltration. *Journal of dairy science*, 97 (95), pp. 294–5302. doi: 10.12988/ams.2014.312698.
14. Deynichenko, G. V., Maznyak, Z. O., Guzenko, V. V., Udovenko, O. O., Omelchenko, O. V. (2016). *Rozrobka prystroiu dlia intensyfikatsii protsesu ultrafiltratsiinoho kontsentruvannia ridkykh vysokomolekuliarnykh polidydispersnykh system* [Development of a device for intensifying the process of ultrafiltration high-concentration liquid polydisperse systems]. *Pratsi Tavriyskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu* [Proceedings of the Tavriya State Agrotechnological University], no. 16 (1), pp. 70–75.
15. Lobasenko, B., Semenov, A. (2013). Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer. *Foods and Raw Materials*, vol. 1, no. 1, pp. 74–81. <https://doi.org/10.12737/1560>.
16. Bryk, M. T. (2005). *Entsyklopediya membran* [Encyclopedia of membranes], vol. 1. Kyiv, Kyievo-Mohylyanska akademiya Publ.
17. Samarskii, A. A., Mikhailov, A. P. (2018). Principles of Mathematical Modeling. Boca Raton : CRC Press Taylor & Francis Group, . 349 p. doi.org/10.1201/9781482288131.
18. Ostapchuk, M., Stankevych, G. (2006). *Matematychni modelyuvannya na EOM*. [Mathematical modeling on a computer]. Odesa, Druk Publ.
19. Deynichenko, G., Guzenko, V., Udovenko, O., Omelchenko, A., Melnik, O. (2016). Studying a new anti-polarization method in the process of ultrafiltration of skimmed milk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 6/11 (84), pp. 4–8. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00232.
20. Deynichenko, G., Mazniak, Z., Zolotukhina, I., Gafurov, O. (2011). Membrane concentration of non-fat milk stuff. *Industrial Engineering Journal "RECET"*, no. 3 (33), pp. 245–248.

**Objective.** *The purpose of the article is to study the concentration of whey from sour cheese through the ultra-filtration membrane using the method of process intensification.*

**Methods.** *In order to accelerate the process of UF-concentration of skim milk, a method was proposed to combat the polarizing layer with the bubbling the treated food liquids with air bubbles or inert gas in close proximity to the surface of semi-permeable UF-membranes. Acceleration of the ultra-filtration process occurs due to the combined effect on the gel formed on the surface of the membrane, bubbling pressure, turbulence of the flows of the treated fluid and the hydraulic impact of the liquid on the surface of the UF-membrane.*

*To study the effect of bubbling on the process of ultra-filtration separation of food liquid include a bubbling compressor, which through the bubbling device creates turbulence systems on the surface of the semi-permeable membrane. In the process of ultra-filtration, the permeate passes through the pores of the membranes, discharged from the filter module when using the fitting and collected in a container. The ultrafiltration concentrate of the separated liquid, upon reaching the required concentration factor values, is taken from the filter module using a tap.*

**Results.** *The results of experimental studies on the application of the bubbling method to reduce the polarization layer in the processes of ultra-filtration concentration of whey from sour cheese and its effect on the productivity of ultra-filtration membranes are presented. A mathematical model based on the regression equation of a factorial experiment using methods of bubbling liquid separated above the surface of the membranes to select the technological parameters of the process of membrane concentration of whey from sour cheese. Rational parameters of ultra-filtration concentration of whey from sour cheese were determined using methods of bubbling raw materials with gas bubbles in the immediate vicinity of the surfaces of the ultra-filtration membrane. According to the results of the study, it was established the feasibility of using a new method of removing the gel layer.*

**Keywords:** *curdy whey, process, membrane, ultra-filtration, bubbling*

*Хорольський В. П., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*

*Коренець Ю. М., старший викладач<sup>1</sup>*

*Копайгора О. К., асистент<sup>1</sup>*

*Заїкіна Д. П., асистент<sup>1</sup>*

*Кузьменко А. О., ЗВО ОС магістра<sup>1</sup>*

*Невідін В. І., ЗВО ОС магістра<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua

### ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ХАРЧОВИХ СМАРТ-ПРОДУКТІВ З ТЕХНОЛОГІЯМИ ЗАМОРОЖУВАННЯ

UDC 004.032.26.664.6

*Khorolskiy V. P., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>1</sup>*

*Korenets Yu. M., Senior Lecturer<sup>1</sup>*

*Kopayhora O. K., Assistant Professor<sup>1</sup>*

*Zaikina D. P., Assistant Professor<sup>1</sup>*

*Kuzmenko A. O., a graduate of a master's degree<sup>1</sup>*

*Nevidin V. I., a graduate of a master's degree<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua

### PRODUCTION MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM OF FOOD SMART PRODUCTS WITH FREEZING TECHNOLOGIES

**Мета.** Метою статті є розробка інформаційної системи забезпечення процесів проектування й виробництва харчових смарт-продуктів з роботизованим керуванням технологічними операціями.

**Методи.** При проведенні дослідження використано методи теорії інформаційних систем забезпечення складних технологічних процесів виробництва смарт-продуктів харчування із вбудованою цифровою платформою та промисловим Інтернетом речей (Internet of Things — IoT), програмне забезпечення якого, бази даних, бази прецедентів та бази знань правил дозволяють проектувати компонентний та нутрієнтний склад харчових продуктів за нормами фізіологічних потреб споживачів, моделювати смарт-продукти, видавати через інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень операційному персоналу й виробничим засобам алгоритми реалізації інтерфейсу на команди щодо вибору режимів роботи робототехнологічного обладнання та ультразвукових кавітаційних робототехнологічних інтенсифікаторів. При проведенні комплексної оцінки якості сировини і готової продукції використано загальновідомі стандарти і спеціальні методи досліджень органолептичних і функціонально-технологічних властивостей, показників харчової цінності й безпечності продукції. З використанням теорії автоматичного керування з метою синтезу систем динамічної ідентифікації нелінійних нестационарних об'єктів керування і синтезу адаптивних регуляторів у складі АСКТЛ з виробництва смарт-продуктів харчування, визначено фрейм системи, яка оцінює число компонентів харчового продукту, його вихідних показників, технології виробництва, автоматизоване адаптивне керування технологічними операціями з технологічними інтенсифікаторами.

**Результати.** Обґрунтовано принципи побудови інформаційної системи керування з вбудованою цифровою платформою «Іжа», призначеною для комп'ютерного моделювання смарт-продуктів харчування, збалансованих за нутрієнтним складом, які можна рекомендувати для

Надійшла до редакції 04.11.2020 р.

© В. П. Хорольський, Ю. М. Коренець,  
О. К. Копайгора, Д. П. Заїкіна,  
А. О. Кузьменко, В. І. Невідін, 2020

харчування певних категорій людей: з важкими умовами праці (служби) та таких, що мешкають на територіях із техногенним забрудненням.

Розроблено автоматизовану систему керування технологічними лініями виробництва смарт-продуктів харчування, яка відрізняється від існуючих вбудованою цифровою платформою і робототехнологічними інтенсифікаторами продуктів збагачення тіста функціональними інгредієнтами, системами автоматичного охолодження і заморожування готової продукції та напівфабрикатів, виконаними на базі SCADA-систем і MES-систем диспетчерського керування, пов'язаних з ІСКВП та зі споживачами продукції і постачальниками сировини; система дозволяє в реальному масштабі часу виконувати оцінку технологічного процесу щодо параметрів сировини (екологічність, безпечність, функціонально-технологічні властивості, хімічний склад, харчова та енергетична цінність) та смарт-продукту харчування.

**Ключові слова:** смарт-продукт харчування, інформаційна система, Інтернет речей (IoT), автоматизована система керування, робототехнологічне обладнання.

**Постановка проблеми.** У процесі забезпечення населення територій з техногенним тиском смарт-продуктами харчування головну роль відіграє індустрія харчових продуктів високої якості. У їх числі м'ясні та рибні продукти різного асортименту, спеціальні хлібо-булочні та макаронні вироби, збагачені функціональними доданками. За рахунок своїх властивостей вони здатні покращити якість харчування певних категорій населення: робітників з важкими умовами праці (гірників, металургів, збагачувальників), воїнів ЗСУ тощо, населення територій з техногенним тиском [1].

Демографічні та соціально-економічні тенденції регіонів України з техногенними територіями, несприятливі екологічні ситуації останніх років значно погіршують здоров'я людей, що мешкають і працюють на цих територіях.

Негативна динаміка стану здоров'я людей на територіях із техногенним тиском вимагає від науковців не лише розробки стратегій профілактики й оздоровлення, а, головне, розробки системи регіонального харчування та реалізації інноваційних технологічних і проектних рішень в процесі виробництва полікомпонентних харчових смарт-продуктів. Тому розробка і виробництво продуктів харчування для регіонів із техногенними територіями, збалансованих за нутрієнтним складом, на базі безлюдних технологій є сьогодні актуальною проблемою.

Цю проблему потрібно вирішувати за рахунок впровадження високих технологій (high technology) з використанням новітніх робототехнологічних комплексів, біотехнологій (Biotech), нанотехнологій (Nanotech) та інформаційно-комунікаційних технологій (Intech) [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасній практиці автоматизованого виробництва високоякісної продукції харчування для регіонів з високим рівнем забруднення є три основні тенденції:

1) збільшення обсягів виробництва продуктів для здорового харчування у вигляді охолоджених і заморожуваних напівфабрикатів та готових продуктів [3];

2) широке використання білкових інгредієнтів рослинного та тваринного походження, а також додаткових джерел есенціальних нутрієнтів;

3) впровадження безлюдних робототехнологічних комплексів [4].

При цьому тенденція створення інноваційних та технологій ресурсозбереження з метою покращення структури харчування населення, що мешкає на забруднених територіях, тісно пов'язана з проблемою забезпечення екологічно чистою вітчизняною сировиною, пошуком ефективних способів її переробки з впровадженням робототехнологічних комплексів.

Підвищення безпеки та користі харчування має бути виконано за рахунок зменшення штучних харчових доданків та збільшення масової частки джерел фізіологічно цінних та/або біологічно активних компонентів їжі [5].

Таким чином, сучасній тенденції створення смарт-харчування, що відповідатиме оптимальному задоволенню потреб організму людини за фізіологічними нормами спо-



живання, повинні відповідати проектні рішення щодо розробки цифрової платформи «Їжа» з інформаційними системами автоматизованого керування технологічними процесами виробництва полікомпонентних харчових продуктів.

Разом з тим в умовах коронавірусної пандемії основана маса населення, що мешкає і працює на забруднених територіях, має бути забезпечена смарт-продуктами харчування з додатковими харчовими і біологічно активними речовинами. У зв'язку з цим розробка цифрової платформи «Їжа» з інформаційними автоматизованими процесами виробництва харчових продуктів високої якості є актуальним стратегічним напрямком в рішенні поставлених завдань.

Значний вклад у рішення проблеми інформаційного забезпечення автоматизованого керування процесами виробництва харчових продуктів внесли дослідження таких відомих вчених, як Б. М. Гончарук, А. П. Ладанюк, В. Г. Трегуб, І. В. Ельперін, Л. Н. Плужніков та багато інших спеціалістів харчової промисловості [6].

**Метою статті** є розробка інформаційної системи забезпечення процесів проектування й виробництва смарт-продуктів харчування з роботизованим керуванням технологічними операціями.

Означена мета конкретизується у таких завданнях:

— обґрунтування принципів побудови інформаційних систем проектування й виробництва смарт-продуктів харчування з цифровою платформою «Їжа»;

— розроблення автоматизованої системи керування технологічною лінією виробництва продуктів харчування з робототехнологічними інтенсифікаторами процесів збагачення продуктів природними біо-корегуючими інгредієнтами із технологіями заморожування.

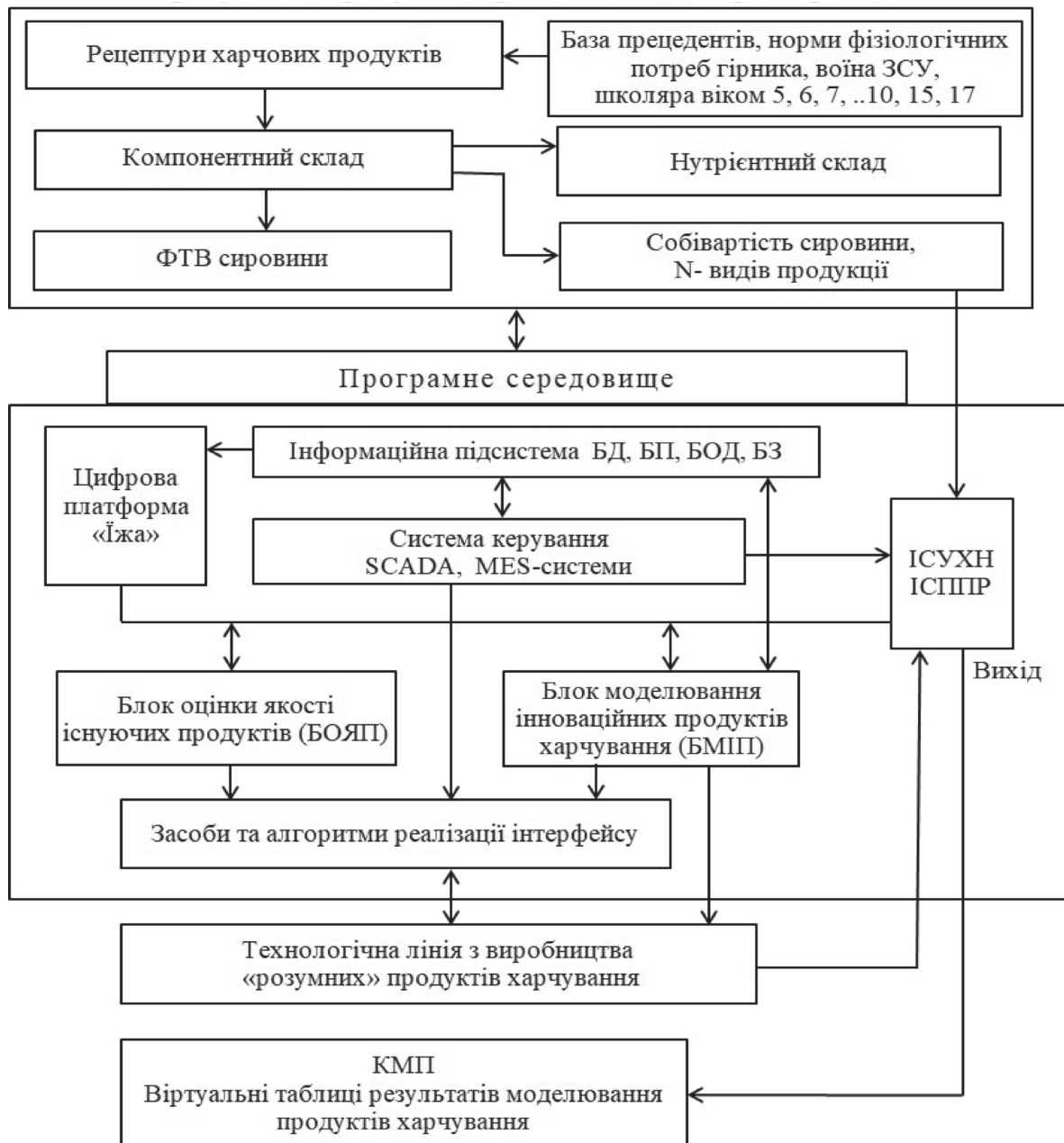
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Припустимо, що виробнича програма публічного акціонерного товариства (ПАТ) з виробництва смарт-продуктів харчування характеризується такими чинниками: асортиментом  $A$ , технологією  $T$ , виробничою програмою  $\Pi$ . Цю систему і зміни її входів  $x(t_n)$  опишемо (з певним припущенням) родинною матрицею  $\{x_n\}=\{x(c)\}$ :

$$x(t_n) = \begin{pmatrix} x_{11}(t_n) & x_{12}(t_n) & x_{13}(t_n) \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{i1}(t_n) & x_{i2}(t_n) & x_{i3}(t_n) \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{k1}(t_n) & x_{k2}(t_n) & x_{k3}(t_n) \\ A & \Pi & T \end{pmatrix} \quad (1)$$

Матриця  $X(t_n)$  є функцією від часу  $t_n$ , що змінюється від 1 до  $N$  ( $N$  — кількість видів продуктів харчування). Для будь-якого  $\Pi$  розмірність матриці  $X(t_n)$  дорівнює  $d_n \times 3$ . Іншими словами, кількість рядків цієї матриці залежить від моменту часу  $t_n$ , тобто від її номера в послідовності. Стовбцями матриці  $X(t_n)$  є входи  $A$ ,  $\Pi$ ,  $T$ . Виходами виробничої системи  $\{\bar{Y}_B\}$  є продуктивність за кожним із  $N$  видів продуктів харчування, якість продукції, чистий потік грошей тощо.

Сучасні системи керування корпоративними підприємствами побудовані з використанням інтелектуальних інформаційних систем керування (ІСК). На рис. 1 наведено блок-схему інформаційної системи керування з виробництвом смарт-продуктів харчування (ІСКВРП), в яку вбудовано цифрову платформу «Їжа».

Верхній рівень траєкторного керування виробництвом продуктів харчування інформаційної системи та її цифрової платформи «Їжа» не лише виконує стратегічне планування, вона також оперативно планує зовнішні споживчі характеристики продукту харчування для техногенних територій (форма, маса, об'єм, дизайн продукту, його пакування), надає споживачу інформацію щодо продукту, створюючи базу даних, базу прецедентів щодо норм фізіологічних потреб певних категорій споживачів (населення, гірників, металургів, воїнів ЗСУ тощо). Цей рівень також визначає асортимент ( $A$ ) та рецептуру харчових



**Рисунок 1** — Інформаційна система керування виробництвом смарт-продуктів, промислових Інтернет речей

продуктів, компонентний та нутрієнтний склади продукції, функціонально-технологічні властивості (ФТВ) сировини, її собівартість, асортимент  $N$  видів продукції та її конкурентоспроможність. Крім цього, верхній рівень інформаційної системи з цифровою платформою «Іжа» підприємства визначає послідовність підготовки технологічних операцій, параметри обладнання, рівень програмного забезпечення (ПЗ), а також включає інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень (ІСППР) топ-менеджерами підприємства.

У процесі створення програмного середовища для оцінки чинників  $A$ ,  $P$ ,  $T$  формується база даних (БД), база прецедентів (БП), база оперативних даних (БОД), база знань (БЗ) і виконується оцінка якості існуючих продуктів та моделювання смарт-продуктів харчування.

Наприклад, ІСППР для оцінки нутрієнтної адекватності продукту харчування щодо вмісту ліпідів використовується показник, який віддзеркалює ступінь відповідності жирнокислотного складу нормам фізіологічної потреби організму людини, яка мешкає на забрудненій території. Цей показник будемо визначати за формулами [7]:

$$R_G = \left( \prod_{i=1}^m [(d_{Gi})]^m \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (2)$$

$$d_{Gi} = \begin{cases} \frac{G_i}{G_{Ei}}, & G_i \leq G_{Ei} \\ \left( \frac{G_i}{G_{Ei}} \right)^{-1} & G_i > G_{Ei} \end{cases} \dots, \quad (3)$$

де  $R_G$  — показник раціональності жирнокислотного складу продукту харчування, частка одиниці;  $m$  — кількість жирних кислот, за якими проводиться аналіз;  $G_i$  — масова частка  $i$ -ї жирної кислоти в сировині, г/100г ліпідів,  $G_{Ei}$  — масова частка  $i$ -ї жирної кислоти в еталоні, г/100 г ліпідів;  $i = 1$  — відповідає сумі насичених жирних кислот,  $i = 2$  — сумі мононенасичених жирних кислот,  $i = 3$  — сумі поліненасичених жирних кислот,  $i = 4$  — лінолівої,  $i = 5$  — ліноленової,  $i = 6$  — арахідонової.

Ці моделі важливі під час проектування оптимального харчування робітника з важкими умовами праці, наприклад, гірника (Еталон), що працює на глибинах більше 1300 м в умовах високої вологості забою та інших специфічних параметрах навколишнього середовища.

Додатковими індикаторами відповідності жирнокислотного складу продуктів їх профілактичній та функціональній спрямованості можуть виступати індекси атерогенності (ІА) та зміцнення здоров'я (НРІ) робітників або воїнів ЗСУ [7; 9].

У розробленій інформаційній системі з цифровою платформою «Іжа» важливими моделями також можуть бути показники ступеня збалансованості макро-, мікроелементного та вітамінного складу полікомпонентних продуктів харчування для контингентів, що досліджуються.

З урахуванням показників нормованої відповідності  $R_M$  та  $R_V$  [7; 9] запишемо моделі у вигляді рівнянь виду:

$$R_M = \left( \prod_{i=1}^m d_{Mi} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (4)$$

$$d_{Mi} = \begin{cases} \frac{M_i}{M_{Ei}}, & M_i \leq M_{Ei} \\ \left( \frac{M_i}{M_{Ei}} \right)^{-1} & M_i > M_{Ei} \end{cases} \dots, \quad (5)$$

де  $R_M$  — показник нормованої мікро- та макроелементарної відповідності (раціональності мікро-, макроелементного складу), частка одиниці;  $M_i$  — масова частка  $i$ -го мікро- та макроелементу в продукті, г/100г продукту;  $M_{Ei}$  — масова частка мікро- та макроелементу, що відповідає нормі фізіологічної потреби організму людини (Еталон), г/100г продукту;  $m$  — кількість мікро- та макроелементів, за якими виконується імітаційне моделювання.

За подібною методикою можна виконати моделювання оптимального значення вітамінної відповідності  $R_V$  (частк. од.) При цьому будуть застосовані такі показники:  $V_i$  — масові частки  $i$ -х вітамінів у рецептурній суміші, г/100 г продукту;  $V_{Ei}$  — масова частка вітамінів, що відповідають нормі фізіологічної потреби організму людини (Еталон), г/100 г продукту.

Ці знання про еталонний продукт харчування певних контингентів формуються в базах прецедентів і базі знань у виді фреймів. Фрейм — це структура даних, призначених для надання певної ситуації та алгоритмів подальших дій [10].

Серед фреймів виокремимо найважливіші:

— алгоритми контролю параметрів формування складу сировини;

- алгоритми вибору еталону продукту харчування певної категорії людей;
- алгоритм формування меж масових часток інгредієнтів;
- алгоритми оцінки нутрієнтної збалансованості рецептур продуктів харчування.

Фрейми й алгоритми занесені в програмне середовище цифрової платформи «Їжа» і через засоби реалізації інтерфейсу та ІСППР управляють технологічними дільницями технологічної лінії з виробництва смарт-продуктів харчування.

Виходом інтелектуальної системи керування харчуванням населення (ІСКХН) є фрейм виду:

$$F_i = \langle \vec{P}_i; \Phi(F_j) \rangle; \quad i, j = 1, n, \quad (6)$$

де  $n$  — кількість компонентів, що приймають участь у рецептурі харчового продукту;  $\vec{P}_i$  — вектор властивостей об'єкту досліджень (екзогенних (вхідна база даних), ендогенних (розрахункових) вихідних показників безпечного продукту; база знань і прецедентів, база оперативних даних (БОД));  $\Phi(F_j)$  — вектор морфізм (математичні моделі, технології виробництва, робототехнологічні комплекси), автоматизовані системи керування технологічними лініями (АСКТЛ).

Нижнім рівнем керування процесом виробництва смарт-продуктів є автоматизовані системи керування. Наведемо два проекти побудови таких систем.

Перший проект — автоматизоване виробництво хлібобулочних виробів з борошна прозерів пшениці (джерело вітамінів і мінералів, стимулятор процесів нормалізації роботи серцево-судинної системи) з додатками лляного насіння (джерело поліненасичених жирних кислот і ліпотропиків, антиоксидантів, вітамінів та мікроелементів).

Другий проект — автоматизоване виробництво макаронних виробів з додаванням м'ясопродуктів та субпродуктів (м'ясо птиці, печінка) і калорійністю до 5000 ккал на кожні 200 г продукту, призначених для смарт-харчування гірників, металургів, воїнів ЗСУ.

Загальним атрибутом цих проектів є використання цифрової платформи «Їжа», промислового IoT, SCADA- і MES-систем та інтелектуальних датчиків рН-параметрів, запаху, температурних режимів роботи технологічних апаратів та робототехнічних інтенсифікаторів гетерогенного середовища [11].

На рис. 2 наведено автоматизовану систему керування (АСКТА) виробництвом смарт-продуктів харчування — хлібобулочних виробів [11].

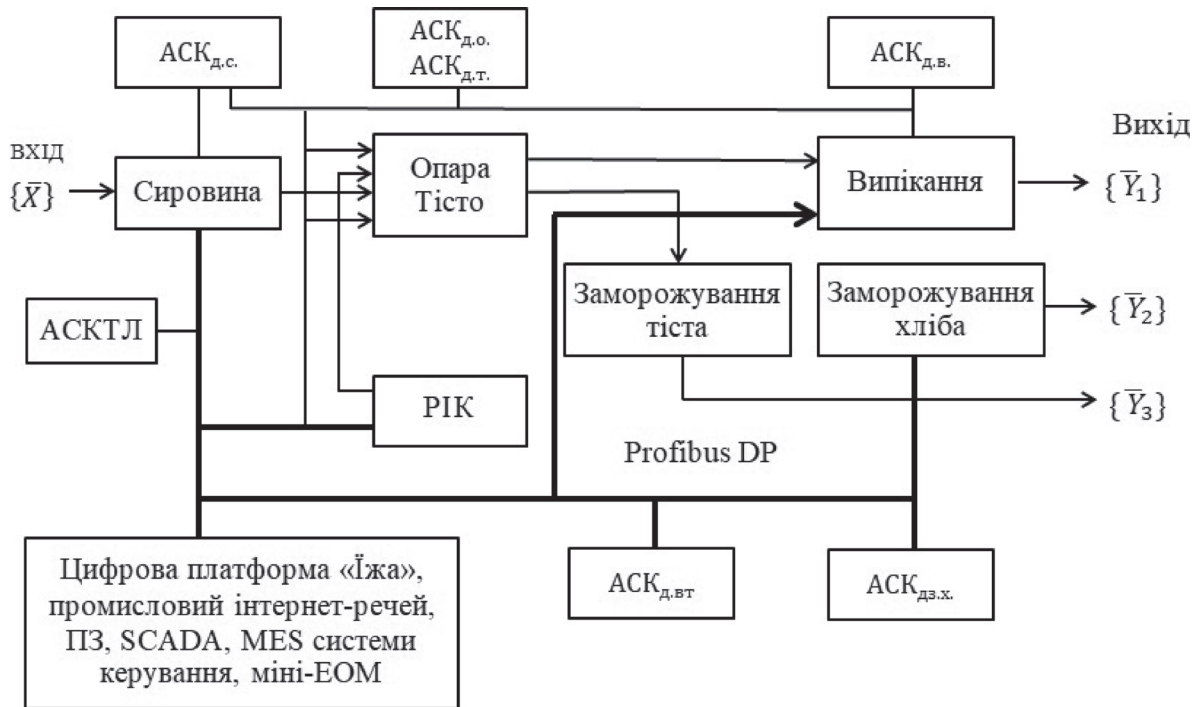


Рисунок 2 — Автоматизована система керування (АСУТА) виробництвом смарт-продуктів харчування — хлібобулочних виробів

Технологічна лінія включає дільниці приготування сировини, опари, тіста; заморожування тіста; стадії випікання і виробництва готової продукції  $\{Y_1\}$ , замороженої готової продукції; замороженого напівфабрикату (НФ)  $\{Y_3\}$ .

Система представлена адаптивними системами керування, а саме:

- АСКд.с — дільниці «сировина»;
- АСКд.о — дільниці «опара»;
- АСКд.т — дільниці «тісто»;
- АСКд.в — дільниці «випікання»;
- АСКд.з.т — дільниці «заморожування тіста»;
- АСКд.з.х — дільниці «заморожування хліба».

АСКТЛ через інформаційну шину Profibus DP зв'язана з цифровою платформою «Іжа» промислового IoT, SCADA-системами та міні-ЕОМ з програмним забезпеченням (ПЗ). Робототехнічні інтенсифікатори (РІК) у системі приготування опари та тіста ультразвуковими випромінювачами (робоча частота 22 КГц, 30 КГц, 40 КГц) не лише прискорюють процес приготування опари за рахунок керованої кавітації, але й відіграють важливу роль в процесі збагачення тіста природними біокоригувальними інгредієнтами [11].

Контроль якості хлібобулочного продукту виконує БОЯП, а блок моделювання смарт-продукту харчування БМІП та ІСППР дають ОПР рекомендації щодо продуктивності (виробнича програма П), кількісних параметрів заморожуваних продуктів  $\{\bar{Y}_2\}$  та продукту  $\{\bar{Y}_1\}$ . Ці значення програми П висвічуються на корпоративному моніторі підприємства (КМП) у вигляді технологічної карти і завдань локальним адаптивним системам АСКд.с, АСКд.о, АСКд.т, АСКд.в, АСКд.з. т, АСКд.з.х.

На рис. 3 наведено автоматизовану систему керування технологічним процесом виробництва макаронних виробів. У цій системі важливу роль відіграють адаптивні системи керування підготовкою сировини, замісу тіста з оптимізацією вихідних показників  $\{\bar{Y}_1\}$ ,  $\{\bar{Y}_2\}$  щодо параметрів рН; оптимізації якості м'ясних продуктів (яловичої печінки або м'яса птиці) параметри  $\{\bar{Y}_3\}$ , яку виконує адаптивна система керування (АСК 1) з вектором керованих впливів  $\{\bar{u}_1\}$ ; стабілізацію вихідних показників  $\{\bar{Y}_4\}$  макаронних виробів виконує система АСК 2.

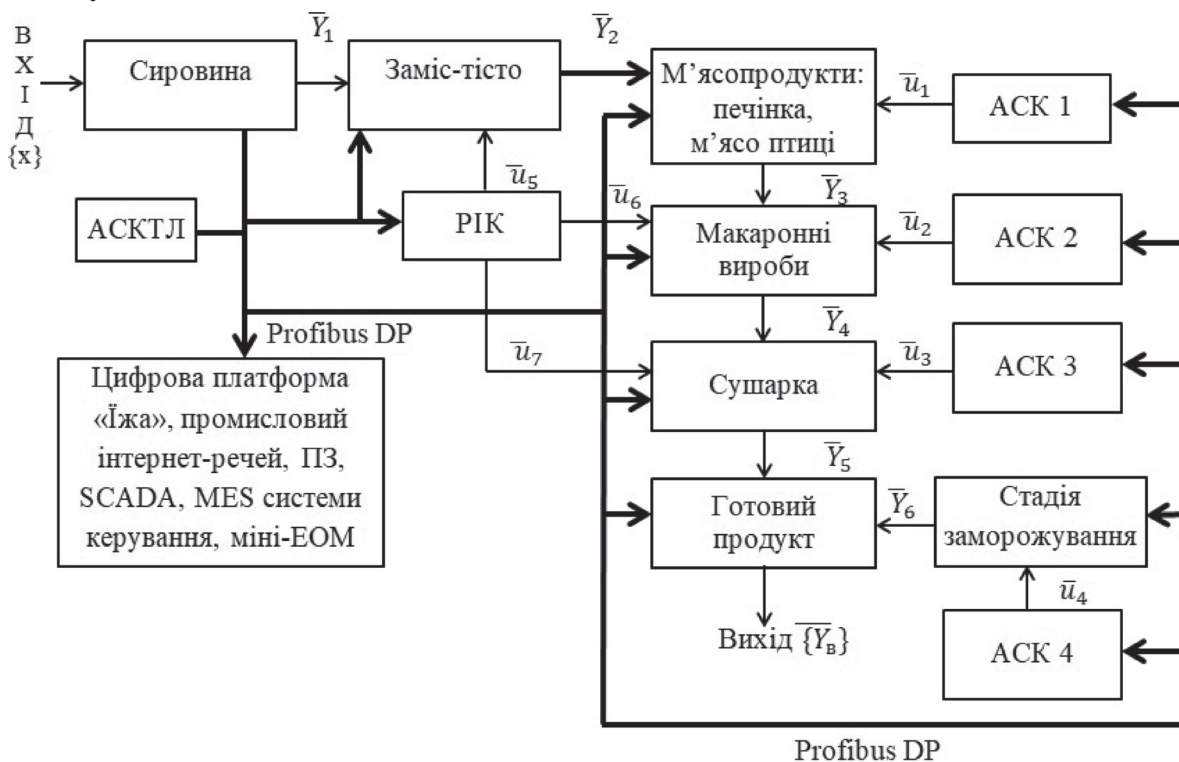


Рисунок 3 — Автоматизована система керування технологічним процесом виробництва макаронних виробів

Система АСКЗ виконує оптимізацію активності сушарки за допомогою вектору керованих впливів  $\{\bar{u}_2\}$  та  $\{\bar{u}_7\}$ . Вона ж стабілізує вихідні дані параметри  $\{\bar{Y}_5\}$  міцності макаронних виробів. Важливим параметром контролю на цій технологічній дільниці є:

— час початку сушіння макаронних виробів з м'ясними добавками ( $t_1$ ), а також тривалість процесу сушки;

— параметри потужності ультразвуку РІК (керовані впливи  $\{\bar{u}_5\}$ ,  $\{\bar{u}_6\}$ ), яку випромінює робототехнічний інтенсифікатор в гетерогенне середовище опара-тісто;

— параметри керованого впливу  $\{\bar{u}_7\}$ .

Останні корегуються ІСППР цифрової платформи «Їжа», БМІП та MES-системами, залежно від параметрів виробничої програми П та кількісних параметрів  $\{\bar{Y}_6\}$  заморожуваних макаронних виробів і готового продукту  $\{\bar{Y}_B\}$ .

Технологічний процес заморожування макаронних виробів  $\{\bar{Y}_6\}$  протікає за температури  $-8\text{ }^\circ\text{C}$  (початковий етап) й  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  (заключний етап), а виробництво готової продукції  $\{\bar{Y}_B\}$  виконано за допомогою адаптивної системи керування АСКА (вектор управлінських впливів  $\{\bar{u}_4\}$ ).

Таким чином, на прикладі двох проектів автоматизованого виробництва смарт-продуктів харчування з цифровою платформою «Їжа», яку вбудовано в інформаційну систему її виробництва, запропоновано технологічні рішення щодо виробництва смарт-продуктів харчування для населення територій із техногенним тиском, робітників з важкими умовами праці (гірників, металургів), воїнів ЗСУ, збалансованих за нутрієнтним складом і збагачених комплексом мікро-, макроелементів та вітамінів.

Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень в комплексі з автоматизованою системою керування технологічною лінією виробництва смарт-продуктів і програмним забезпеченням цифрової платформи «Їжа» оптимізує режими роботи технологічних дільниць (операцій) та робототехнологічних інтенсифікаторів і за допомогою адаптивних систем керування, детально розглянутих в [12], своєчасно виконує задані показники виробничої програми публічного акціонерного товариства, задовольняючи потреби споживачів в умовах динамічних змін зовнішнього та внутрішнього середовищ.

**Висновки.** Обґрунтовано принципи побудови інформаційної системи керування із вбудованою цифровою платформою «Їжа», призначеною для проектування, комп'ютерного моделювання смарт-продуктів харчування для певних категорій населення (населення територій з техногенним тиском, робітників з важкими умовами праці (гірників, металургів), воїнів ЗСУ). До таких продуктів сформовані вимоги щодо збалансованості за нутрієнтним складом, оцінки їх якості та відповідності фізіологічним потребам людини, яка працює та/або проживає на території із техногенним забрудненням.

Розроблено автоматизовану систему керування технологічними лініями виробництва смарт-продуктів харчування, яка відрізняється від існуючих вбудованою цифровою платформою і робототехнологічними інтенсифікаторами продуктів збагачення тіста та функціональними інгредієнтами тваринного походження, системами автоматичного охолодження і заморожування готової продукції та напівфабрикатів, виконаними на базі SCADA-систем і MES-систем диспетчерського керування, пов'язаних з ІСКВП та IoT зі споживачами продукції та постачальниками сировини. Побудована система дозволяє в реальному масштабі часу виконувати оцінку технологічного процесу щодо параметрів сировини (екологічність, безпечність, функціонально-технологічні властивості, хімічний склад, харчова та енергетична цінність) та смарт-продукту харчування (збалансованість, харчова та енергетична цінність, органолептичні властивості, зовнішні споживчі характеристики).

#### Список літератури

1. Khorolskyi V., Bavyko A., Yermak S., Riabykina K., Khorolskyi K. Innovative functional food products for the mining industry. Journal of Hygienic Engineering and Design. 2018. Vol. 24. P. 55–62.

2. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України : монографія. Харків : Інжек, 2011. 392 с.
3. Хорольський В. П., Коренець Ю. М. Проектування робототехнологічного комплексу з виробництва хліба для територій з техногенним тиском. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2018. № 1 (257). С. 256–263.
4. Хорольський В. П., Гайдай Д. Д., Хорольський К. Д. Інноваційно-інвестиційна стратегія розвитку підприємств харчової промисловості регіону з техногенно забрудненими територіями. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2018. № 5 (Том 1). С. 194–200.
5. Arihara K. Strategies for designing novel functional meat products. *Science*. 2006. Vol. 74. No. 1. P. 219–229. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.04.028.
6. Гончаренко Б. М., Ладанюк А. П. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник. Київ : НУХТ, 2014. 530 с.
7. Липатов Н. Н., Баширов О. И., Нескоромная Л. В. Информационно-алгоритмические и терминологические аспекты совершенствования качества многокомпонентных продуктов питания социального назначения. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2018. № 9. С. 25–28.
8. Толкунова Н. Н. Математическое моделирование рецептуры сосисок. *Мясная индустрия*. 2004. № 10. С. 48–50.
9. Пупкова К. А., Егупова Н. Д. Методы классической и современной теории автоматического управления : учебник в 5 т. М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. Т. 5 : Методы современной теории автоматического управления. 784 с.
10. Хорольський В. П. та ін. Цифрові системи інтелектуального управління підприємствами промислового комплексу регіону : монографія. Кривий Ріг, 2020. 561 с.
11. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К. Методи ідентифікації та алгоритми адаптивних систем прямого цифрового керування виробництвом продуктів харчування. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. № 1 (40). С. 32–45.

#### References

1. Khorolskyi, V., Bavyko, A., Yermak, S., Riabykina, K., Khorolskyi, K. (2018). Innovative functional food products for the mining industry. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, vol. 24, pp. 55–62.
2. Kizim, M. O., Matyushenko, I. Yu. (2011). *Perspektyvy rozvytku i komertsializatsiyi nanotekhnologiy v ekonomikah krayin svitu ta Ukrayiny* [Prospects for the development and commercialization of nanotechnology in the economies of the world and Ukraine]. Kharkiv, Inzhek Publ., 392 p.
3. Khorolskyi, V. P., Korenets, Yu. M. (2018). *Proektuvannia robototekhnolohichnoho kompleksu z vyrobnytstva khliba dlia terytorii z tekhnohennym tyskom* [Designing of a robotic technological complex for bread production for territories with technogenic pressure]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauki* [Bulletin of Khmelnytsky National University. Engineering sciences], no. 1 (257), pp. 256–263.
4. Khorolskyi, V. P., Haidai, D. D., Khorolskyi, K. D. (2018). *Innovatsiyno-investitsiyna strategiia rozvytku pidpnyemstv kharchovoyi promyslovosti regionu z tekhnogenno zabrudnenymy terytoriyamy* [Innovation and investment strategy for the development of food industry enterprises in the region with man-made contaminated areas], *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauki* [Bulletin of Khmelnytsky National University. Economic sciences], no. 5, vol. 1, pp. 194–200.
5. Arihara, K. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 2006, vol. 74, no.1, pp. 219–229. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.04.028.
6. Goncharenko, B. M., Ladanyuk, A. P. (2014). *Avtomatizatsiya virobnychih protsesiv harchovih tehnologiy* [Automation of food production processes]. Kyiv, NUFT Publ., 530 p.
7. Lipatov, N. N., Bashyrov, O. I., Neskoromnaya, L. V. (2018). *Informatsionno-algoritmicheskie i terminologicheskie aspekty sovershenstvovaniya kachestva mnogokomponentnykh*

*produktov pitaniya sotsialnogo naznacheniya* [Informational-algorithmic and terminological aspects of improving the quality of multi-component food products for social purposes]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], no. 9, pp. 25–28.

8. Tolkunova, N. N. (2004). *Matematicheskoe modelirovanie retseptury sosisok* [Mathematical modeling of the recipe for sausages]. *Myasnaya industriya* [Meat industry], no. 10, pp. 48–50.

9. Pupkova, K. A., Egupova, N. D. (2004). *Metody klassicheskoy i sovremennoy teorii avtomaticheskogo upravleniya. Kn. 5: Metody sovremennoy teorii avtomaticheskogo upravleniya* [Methods of classical and modern theory of automatic control, vol. 5: Methods of modern theory of automatic control], Moscow, Bauman MSTU Publishing house.

10. Horolskiy, V. P. et al. (2020). *Tsifrovi systemy intelektualnogo upravlinnya pidpnyemstvami promyslovogo kompleksu regionu* [Digital systems of intellectual management of enterprises of the industrial complex of the region], Kryvyi Rih, Chernyavskiy Publ., 561 p.

11. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, O. K. (2020). *Metody identyfikatsiyi ta algorytmy adaptivnykh system pryamogo tsyvrovogo keruvannya vyrobnytstvom produktiv kharchuvannya* [Methods of identification and algorithms of adaptive systems of direct digital control of food production]. *Obladnannya ta tehnologiyi kharchovih vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 1 (40), pp. 32–45.

**Objective.** *The purpose of the article is to develop an information system to ensure the design and production of smart food products with robotic control of technological operations.*

**Methods.** *The study used methods of information systems theory of complex technological processes of smart food production with built-in digital platform and the industrial Internet of Things (the Internet of Things — IoT). The IoT software, databases, precedent databases and knowledge base rules allow us to design component and nutrient composition of food products according to the physiological needs of consumers, model smart products, issue through the intelligent decision support system to operating personnel and production facilities algorithms for implementing the interface to teams to select modes of operation of robotic equipment and ultrasonic cavitation robotic intensifiers. Standards and special research methods of organoleptic and functional-technological properties, indicators of nutritional value and product safety were used in conducting a comprehensive assessment of the quality of raw materials and finished products. Using the theory of automatic control to synthesize systems for dynamic identification of non-linear non-stationary control objects and the synthesis of adaptive controllers in ASCTL for smart food production, the frame of the system was determined. The system estimates the number of food components, its output, production technology, automated adaptive control with technological operations with technological intensifiers.*

**Results.** *The authors lay a foundation for the principles of building a management information system with a built-in digital platform “Food”. The platform was designed for computer simulation of smart foods, balanced in nutritional composition, which can be recommended for certain categories: people by working conditions (difficult conditions/services) and by place of living (those who live in man-made pollution areas).*

*An automated control system for technological lines for the production of smart food products has been developed. It differs from the existing ones by a built-in digital platform and robotic intensifiers for dough enrichment products with functional ingredients; systems of automatic cooling and freezing of finished products and semi-finished products, made on the basis of SCADA-systems and MES-dispatch control systems related to CIS and with consumers of products and suppliers of raw materials; The system allows real-time assessment of the technological process in relation to the parameters of raw materials (environmental friendliness, safety, functional and technological properties, chemical composition, nutritional and energy value) and smart food.*

**Keywords:** *smart food, information system, Internet of Things (IoT), automated control system, robotic equipment.*



<sup>1</sup> Мелітопольський інститут державного та муніципального управління «Класичного приватного університету» (м. Мелітополь, Україна), e-mail: yanakov@i.ua

<sup>2</sup> Leidos Corporation (м. Вашингтон, США) e-mail: elitop@elitopsolutions.com

### ІНТЕГРАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПРОПОНОВАНОЇ ТЕОРІЇ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА

UDC 664.653.122:664.653.124

Yanakov V. P., PhD in Technical sciences<sup>1</sup>

Lange O., Business Case Analyst<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Melitopol Institute of Federal And Municipal Administration of the Classical Private University (Melitopol, Ukraine), e-mail: yanakov@i.ua

<sup>2</sup> Leidos Corporation (Washington D. C., USA), e-mail: elitop@elitopsolutions.com

### INTEGRATION AND ITS ASPECTS FOR THE PROPOSED DOUGH PREPARATION THEORY

**Мета.** Мета статті — інтеграція пропонованої теорії приготування тіста у навчальний процес закладів вищої освіти (ЗВО).

**Методи.** У роботі використано викладення наукових досліджень, сучасні методи порівняльного аналізу, моделювання систем.

**Результати.** Виготовлення спеціалізованого обладнання, аналіз, моделювання та коригування його технологічних можливостей, придатного вирішати багатоманітні вимоги виробництва, — завдання харчової науки. Формування іншого методичного підходу передбачає підготовку фахівців інженерних спеціальностей. Запропоновані дослідження спрямовані у впровадження пропонованої теорії приготування тіста у навчальний процес закладів вищої освіти. Основою інтеграції викладання новітньої методології є теорія збалансованого харчування, яка базується на застосуванні різноманітних наукових методів. Цей підхід педагогічної й наукової діяльності опирається на можливість володіння інструментами освіти та відзначається ступенем підготовки випускників. Опірається на послідовність та неперервність отримання знань за спеціалізованими дисциплінами. Формується на напрямах новітніх досліджень підготовки фахівців інженерних спеціальностей предметів: «Вступ до фаху», «Будівля, споруди, їх обладнання та експлуатація», «Промислові печі», що відносяться до групи спеціальних навчальних дисциплін. Забезпечується адаптацією, аналізом та коригуванням викладання лекцій, лабораторних та практичних робіт, виконання курсових і дипломних робіт та інших видів викладацької роботи. Системний підхід методики вивчення пропонованої теорії приготування тіста сформовано на застосуванні комплексного підходу паспорту та вимогах за спеціальністю 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв».

**Ключові слова:** тісто, технологія, процес, енергетичний вплив, теорія приготування тіста, педагогіка, університет.

**Постановка проблеми.** Головними факторами, що визначають підготовку фахівців інженерних спеціальностей, спроможність незалежно вирішати проблеми — це вибір ключових проблем науково-технічного розвитку, виконання сучасних досягнень науково-технічного прогресу та аналіз хлібопекарних, макаронних, кондитерських і переробних виробництв [1–3]. Цей методичний і педагогічний підхід опирається на навчальний процес закладів вищої освіти:

1. Аналіз спеціалізованих високоефективних виробництв. Базується на системному підході у спроможності вивчення обладнання та різноманітних вимог використовуваних технологій.

2. Оцінка комплексного підходу досліджень. Ґрунтується на цілеспрямованості планування, організації та контролю усіх видів інновацій, які забезпечують вивчення теорії приготування тіста.

3. Організування технологій тістомісильних машин та агрегатів. Опірається на розгляд процесу керування ходом праці спеціалізованого обладнання та координації цілей і вимог до них.

4. Вдосконалення організації здійснюваних технологій замісу. Тримається на керуванні, коригуванні та контролюванні ефективності показників різноманітних видів хліба, батонів та здоби.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз вдосконалення технологій замісу тістомісильних машин і агрегатів періодичного та неперервного впливу спрямовано на розширення асортименту готової продукції. Висвітлення розгляду в навчальному процесі ставить перед майбутніми спеціалістами питання проблем реалізації енергетичного впливу на перемішувану рецептурну сировину та тісто. Системний підхід запропонованої теорії приготування тіста базується на вивченні відомих наукових джерел:

І. В. Безбах, О. В. Зиков, Ю. Е. Ж. Альхурі та інші розглядали вдосконалення харчового обладнання згідно з вимогами за спеціальністю 05.18.12. [4–6]. Дослідження були спрямовані на керування ходом процесів у спеціалізованому устаткуванні згідно з вимогами теорії збалансованого харчування. Були одержані дані щодо керування енергетичними потоками, координації цілей і вимог за мінімальних витрат енергії. У дослідженнях не описано роль зміни структуроутворювальних процесів оброблювального матеріалу.

А. Е. Халілов та Д. Ф. Діденко вивчали основні завдання, які стоять перед підприємствами туристичного бізнесу та регіональною економічною системою [7; 8]. Дослідження були цілеспрямовані на підвищення конкурентоспроможності та розвиток і трансформацію спеціалізованими виробництвами. У дослідженнях не вивчався аналіз нових цільових сегментів, прийняття рішень на всіх рівнях економіки, переміщення відповідного інформаційного потоку.

Т. В. Маковська, Я. А. Голінська, В. П. Ковальова [9–11] перевіряли здійснювання технологій раціонального харчування, концепції здорового способу життя та ідеї повноцінного збалансованого харчування. Ними були одержані дані по контролю ефективності споживчих якостей готової продукції згідно з особливостями діяльності людини. У дослідженнях не описано роль змін повсякденного споживання для задоволення потреб організму людини.

Л. Н. Сергєєва, А. В. Бакурина, В. В. Вороничев, С. О. Зульфугарова [12] впроваджували сучасні заходи моделювання структури життєздатних соціально-економічних систем. У ході досліджень були отримані дані щодо застосування нових та перспективних технологій умов формування однорідних функцій виробництв. У дослідженнях не вивчався взаємозв'язок навантаження розповсюдження готової продукції спеціалізованих виробництв.

Нами сформульовано напрями сучасних досліджень запропонованої теорії приготування тіста та підготовки фахівців інженерних спеціальностей. Подібний освітній підхід орієнтовано на потенціал володіння інструментами освіти у науково-технічному прогресі. Наведені наукові дослідження спрямовані на викладення спеціалізованих дисциплін, аналіз знань харчових та переробних виробництв, що характеризують ступінь виучки фахівців інженерних спеціальностей [4–11].

**Мета статті** — інтеграція запропонованої теорії приготування тіста у навчальний процес закладів вищої освіти.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Мета хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництв — задоволення потреб споживачів. Основою є теорія збалансованого харчування. Виконання комплексу заходів, який спрямований на вдоско-

налення якості та структури продукції, що випускається, здійснюється на базі інновацій. У цьому зв'язку поява новітніх розробок українських вчених є своєчасною та актуальною.

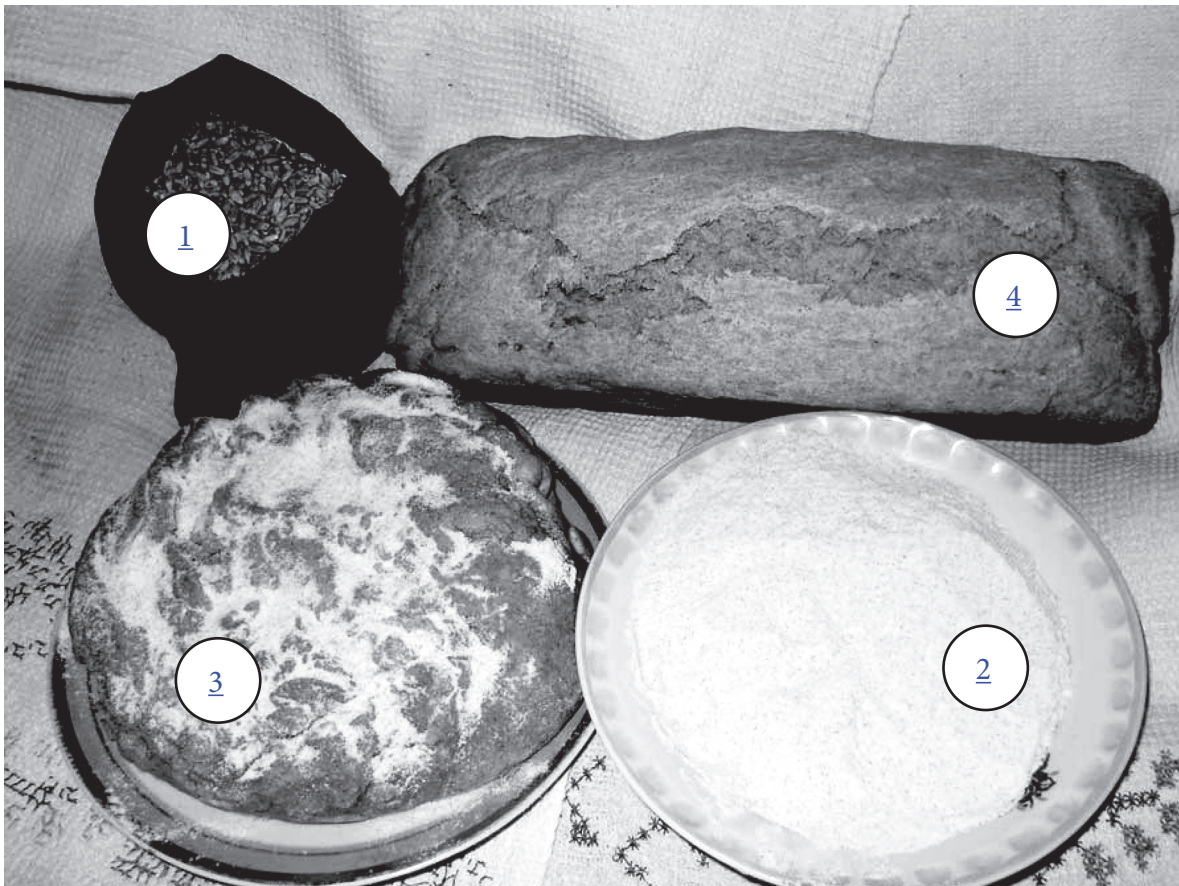
Підготовка фахівців інженерних спеціальностей та вдосконалення підготовки учених базується на комплексному підході у запровадженні показників теоретичних та експериментальних досліджень в навчальний процес. Вони базуються на предметах «Вступ до фаху», «Будівля, споруди, їх обладнання та експлуатація», «Промислові печі», що відносяться до групи спеціальних навчальних дисциплін. Дослідимо їх розвиток за напрямом педагогічної та наукової діяльності, що наведено алгоритмом на рис. 1.



**Рисунок 1** — Стадії підготовки фахівців інженерних спеціальностей у закладах вищої освіти

Оскільки інтеграція пропонованої теорії приготування тіста потребує координації дій різних харчових фундаментальних спеціальностей та суміжних з ними, то вдосконалення методичних, теоретичних і експериментальних досліджень — один із напрямків методичного підходу спеціалізованих виробництв до впровадження даних теоретичних та експериментальних досліджень в навчальний процес. Цей аналіз засновано на системному підході методики вивчення теорії приготування тіста (рис. 2).

Завдання новітніх підходів у аналізі тістомісильних машин і агрегатів періодичної та неперервної дії, операції замісу тіста та обминання, технологій замісу — комплексний підхід методології досліджень приготування тіста. Розвиток цього наукового напрямку



**Рисунок 2** — Взаємозв'язок комплексу показників пропонованої теорії приготування тіста: 1 — зерно пшениці вищого гатунку (початковий продукт зі спеціалізованими технологічними властивостями); 2 — борошно вищого гатунку (вихідний продукт для здійснення операції замісу тіста та обминання); 3 — тісто (напівфабрикат заданих технологічних властивостей та рівня однорідності і структури); 4 — хліб вищого гатунку (готова продукція хлібопекарних, макаронних, кондитерських та переробних виробництв)

опирається на застосуванні: аналізу до фаху спеціальності 05.18.12., розгляду обладнання та експлуатації спеціалізованого обладнання, розбору кінцевих показників виготовлення тіста, готового продукту — хліба.

Дослідимо їх розвиток за напрямками педагогічної та наукової діяльності.

Предмет «Вступ до фаху» розглядає на високоефективних виробництвах процесу аналізу, керування та виконання оперативної, прибуткової динаміки технологій замісу. Задум інтеграції створювання обладнання з керуванням системою виготовлення, пов'язаний з методологією та метою роботи обладнання з метою забезпечення вимог теорії збалансованого харчування.

Кінцевим результатом вивчення спеціалізованого предмета є аналіз:

1. Різноманітні вимоги технологій замісу. Розбір та деталізація інтеграції високоефективних виробництв до конфігурації системи, для здійснення якої встановлено багаторазову обробку даних при приготуванні тіста.

2. Підняття ефективності функції обладнання. Огляд організаційних та адміністративних механізмів керування роботи обладнання, технологічних спрямувань та комплексів на підняття їх результативності.

3. Рішення проблем приготування тіста. Вдосконалення технологічних процесів при енергетичному впливі на рецептурні суміші та тіста у напрямку використання концепції та методології пропонованої теорії приготування тіста.

Предмет «Будівля, споруди, їх обладнання та експлуатація» розглядає роботу новітніх методологій у питаннях керування, коригування, аналізу та здійснення. Втілюється як

спрямоване функціонування у взаємозв'язку виготовлення та експлуатації обладнання для приготування тіста. Комплексний підхід спрямовано на створення незрівнянної та конкурентоспроможної готової продукції спеціалізованих технологій замісу.

Метою вивчення навчального предмета є:

1. Керування технологією замісу. Керування енергетичним потоком обладнання для замісу тіста через взаємозв'язок процесів перемішування, тепло- та масообмінних та супутніх, у конфігурації комплексного підходу.

2. Коригування напряму роботи обладнання. Створювання ефективного обладнання знаходиться у взаємозв'язку із системним підходом методології досліджень приготування тіста та пов'язана з моделюванням процесів перемішування.

3. Аналіз ефективності виготовлення тіста. Підвищення ефективності виготовлення продукції, що випускається, проводиться пошуком інноваційних підходів у реалізації операції замісу тіста та обминання. Вони зводяться до рішення задач «min-max».

Предмет «Промислові печі» розглядає приготування тіста в універсальному підході — напівфабрикат, проміжний продукт, готова продукція. Асортимент продукції спеціалізованих виробництв спрямований на повне задоволення попиту споживачів. Його основою являється створення нових підходів за структурою, однорідністю та зовнішнім виглядом у сегменті ринку. Він полягає у піднятті результативності виробництва.

Метою вивчення цієї дисципліни є розгляд:

1. Оцінки керування процесом замісу. Розгляд позицій математичної логіки методології пропонованої теорії приготування тіста пов'язаний з використанням математичного апарату для вирішення різноманітних проблем технологій замісу.

2. Керування обладнанням для приготування тіста. Концепція економічної оцінки інтегрується у формі системи процесів структуроутворення, якостеутворення та перемішування тіста з'ясовується вигідністю.

3. Керування методологією замісу в умовах сучасності. Повне задоволення попиту споживачів ґрунтується на максимальній різноманітності готової продукції, що здійснюється пропонованою теорією приготування.

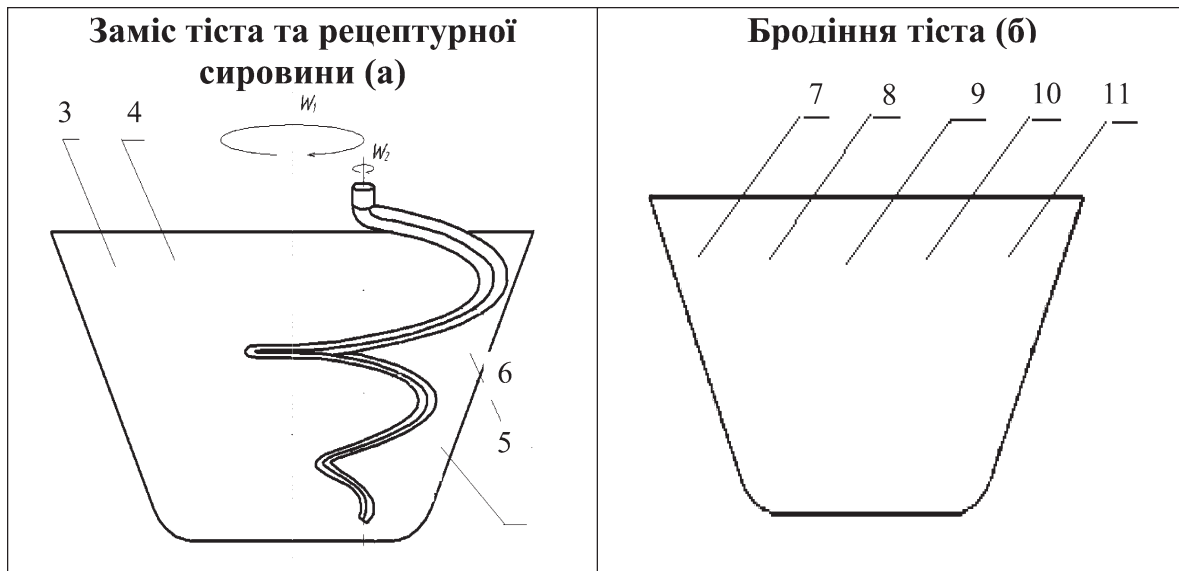
Група спеціальних навчальних дисциплін «Вступ до фаху», «Будівля, споруди, їх обладнання та експлуатація», «Промислові печі» дає можливість здійснювати комплексний підхід у запровадженні показників теоретичних та експериментальних досліджень авторів у навчальний процес у закладах вищої освіти. В підсумку підготовки фахівців інженерних спеціальностей вони володіють знаннями визначальних питань науково-технічного розвитку теорії приготування тіста.

Високоєфективні спеціалізовані виробництва — це поєднання обладнання та технологій, здатних вирішувати різноманітні вимоги теорії збалансованого харчування. Розвиток цього наукового напрямку опирається на застосування: технологій замісу, тістомісильних машин і агрегатів, товарознавчої оцінки готової продукції та методології керування, аналізу, керування теоретичних та експериментальних досліджень.

Одним зі спрямувань методичного підходу педагогічної та наукової діяльності хлібопекарських, макаронних, кондитерських і переробних виробництв є впровадження показників теоретичних та експериментальних досліджень авторів у навчальний процес. Ці питання є опорою при підготовці фахівців інженерних спеціальностей та опираються на викладення прикладних дисциплін, що базуються на досягненнях науково-технічного прогресу (рис. 3).

Проблеми та завдання, які існують перед фахівцями інженерних спеціальностей, — створювання й експлуатація результативного спеціалізованого обладнання. Методологія пропонованої теорії приготування тіста базується на вдосконаленні тістомісильних машин і агрегатів періодичної та неперервної дії. Такий науковий підхід базується на паспорті та вимогах за спеціальністю 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв»:

1. Розвиток за напрямом педагогічної та наукової діяльності у навчальному процесі закладів вищої освіти.



**Рисунок 3** — Напрями досліджень показників пропонованої теорії приготування тіста: **а** — період замісу тіста та рецептурної сировини (технологічна операція замісу та обминання): зміни температурного режиму (3); витрати потужності тістомісильних машин і агрегатів періодичної та неперервної дії (4); вплив вологості тіста та рецептурної сировини (5); вплив початкової температури води та рецептурної сировини (6). **б** — період бродіння тіста (технологічна операція замісу та обминання): титрована кислотність тіста (7); пружні якості (розрив) тіста (8); виділення вуглекислого газу із тіста (9); збільшення об'єму тіста (10); підйомна сила тіста (11). Технічні показники технології замісу тістомісильних машин і агрегатів періодичної та неперервної дії: обертальний рух місильного органу  $W_1$  тістомісильної машини періодичної та неперервної дії; поступальний рух місильного органу  $W_2$  тістомісильної машини періодичної та неперервної дії; робоча ємність тістомісильної машини періодичної та неперервної дії — діжа. У хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництвах масово застосовуються діжі ємністю 150 та 330 літрів

2. Вдосконалення технологій замісу тістомісильних машин і агрегатів періодичного та неперервного впливу.

3. Розширення асортименту готової продукції хлібопекарних, макаронних, кондитерських та переробних виробництв.

Інтеграція викладання у навчальному процесі закладів вищої освіти методології пропонованої теорії приготування тіста базується на вживанні різноманітних методів. Опірається на послідовність та неперервність отримання знань за спеціалізованими дисциплінами. Забезпечується адаптацією, аналізом та корегуванням викладання лекцій, лабораторних та практичних робіт, виконання курсових і дипломних робіт та інших видів викладацької роботи.

**Висновки.** Фундамент сучасних досягнень науки і техніки базується на формі мислення фахівців інженерних спеціальностей:

1. Проведені дослідження показали аналіз інтегрування пропонованої теорії приготування тіста у напрямку педагогічної та наукової діяльності адаптацією, деталізацією, розглядом та коригуванням викладання.

2. Викладення досліджень авторів дає взаємозв'язок теоретичної та практичної підготовки формі мислення випускників зі створення й експлуатації результативного спеціалізованого обладнання.

3. Обладнання спеціалізованих підприємств, на базі яких працюють тістомісильні машини і агрегати періодичного та неперервного впливу, можуть удосконалюватися.

#### Список літератури

1. Янаков В. П. Обґрунтування параметрів та режимів роботи тістомісильної машини періодичної дії : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Донецьк, 2011. 20 с.

2. Янаков В. П., Возняк А. В., Ланже О. Аналіз комплексних досліджень технологій замісу хлібопекарського тіста. Обладнання та технології харчових виробництв. 2019. № 1 (38). С. 85–94.
3. Янаков В. П., Возняк А. В., Ланже О. Вдосконалення теорії приготування тіста при викладенні спеціалізованих дисциплін. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2019. № 2 (39). С. 36–43.
4. Безбах І. В. Науково-технічні основи створення рекуперативних сушарок і термомеханічних агрегатів для обробки в'язких і дисперсних харчових продуктів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Одеса, 2018. 40 с.
5. Зиков О. В. Удосконалення теплотехнологій харчових виробництв на основі систем термотрансформації, теплоутилізації та принципів адресної доставки енергії : автореф. дис. ... д-ра техн. наук, Одеса, 2018, 40 с.
6. Альхурі Ю. Е. Ж. Кінетика екстрагування з плодів шипшини у мікрохвильовому апараті : автореф. дис. ... канд. техн. наук, Одеса, 2019, 20 с.
7. Халілов А. Е. Трансформація управління економічною системою регіону: теорія, методологія, практика : автореф. дис. ... д-ра екон. наук. Одеса, 2019. 40 с.
8. Маковська Т. В. Розробка технологій майонезних соусів, збагачених біокоректорами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Одеса, 2019. 20 с.
9. Голінська Я. А. Розробка технології овочевих десертів на основі білих коренів : автореф. дис. ... канд. техн. наук, Одеса, 2019, 20 с.
10. Ковальова В. П. Розробка технології виробництва борошна із заданими показниками якості : автореф. дис. ... канд. техн. наук, Одеса, 2019, 20 с.
11. Сергеева Л. Н., Бакурова А. В., Воронцов В. В., Зульфугарова С. О. Моделювання структури життєздатних соціально-економічних систем : монографія. Запоріжжя : КПУ, 2009, 200 с.

#### References

1. Yanakov, V. P. (2011). *Obgruntuvannya parametriv ta rezhimiv roboti tistomisilnoyi mashini perIodichnoyi diyi* [Rationale of parameters and operating modes of the kneading machine periodic action. Author's thesis PhD in Engineering sciences]. Donetsk, 20 p.
2. Yanakov, V. P., Vozniak, A. V., Lange, O. (2019). *Analiz kompleksnykh doslidzhen tekhnologii zamisu khlibopekarskoho tista* [Dough baking technologies complex research analysis]. *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 1 (38), pp. 85–94.
3. Yanakov, V. P., Vozniak, A. V., Lange, O. (2019). *Vdoskonalennya teoriyi prigotuvannya tista pid chas vikladennya spetsialnih distsiplin* [Dough baking technologies complex research analysis], *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 2 (39), pp. 36–43.
4. Bezbakh, I. V. (2018). *Naukovo-tehnichni osnovi stvorenniya rekuperativnih susharok I termomehanichnih agregativ dlya obrobki v'yazkih i dispersnih harchovih produktiv* [The scientific and technical bases of creating recuperative dryers and thermomechanical aggregates for processing of viscous and dispersed food products. Author's thesis Grand PhD in Engineering sciences]. Odessa, 40 p.
5. Zykov, A. V. (2018). *Udoskonalennya teplotekhnologiy harchovih virobnytstv na osnovi sistem termotransformatsiyi, teploutilizatsiyi ta printsipiv adresnoyi dostavki energiyi* [The improvement of heat technologies of food production based on thermal transformation systems, heat recovery, and the principles of targeted delivery of energy. Author's thesis Grand PhD in Engineering sciences]. Odessa, 40 p.
6. Alhuri, Y. E. G. (2019). *Kinetika ekstraguvannya z plodiv shipshini u mikrohvylivomu aparati* [Extraction kinetics from wild rose hips in a microwave field. Author's thesis PhD in Engineering sciences]. Odessa, 20 p.
7. Khalilov, A. E. (2019). *Transformatsiya upravlinnya ekonomichnoyu sistemoyu regionu: teoriya, metodologiya, praktika* [Transformation of management of the economic system of the region: theory, methodology, practice. Author's thesis Grand PhD in Economic sciences]. Odessa, 40 p.

8. Makovska, T. V. (2019). *Rozrobka tehnologiy mayoneznych sousiv, zbagachenih biokorekto-rami* [Development of technologies for mayonnaise sauces enriched with biocorrectors. Author's thesis PhD in Engineering sciences]. Odessa, 20 p.
9. Golinska, Ya. A. (2019). *Rozrobka tehnologiyi ovochevih desertiv na osnovi bilih koreniv* [Development of technology of vegetable desserts based on white roots. Author's thesis PhD in Engineering sciences], Odessa, 20 p.
10. Kovalova, V. P. (2019). *Rozrobka tehnologiyi virobnitstva boroshna iz zadanimi pokaznikami yakosti* [Development of technology production of flour with predetermined quality indicators. Author's thesis PhD in Engineering sciences], Odessa, 20 p.
11. Sergeeva, L. N., Bakurova, A. V., Vorontsov, V. V., Zulfugarova, S. O. (2009). *Modeliuvannya struktury zhyttiezdatnykh sotsialno-ekonomichnykh system* [Modelling the structure of viable socioeconomic systems]. Zaporizhia, KPU Publ., 200 p.

**Objective.** *Integration of the proposed theory of dough preparation into the teaching process at the higher education institutions*

**Methods.** *The work uses and considers scientific research, modern methods of comparative analysis, modeling systems.*

**Results.** *The main goal of the food science is focused on production and perfection of specialized equipment, as well as analysis, modeling and adjustment of its technological capabilities suitable to solve multi requirements faced. Additionally, another methodical approach involves training specialists in engineering specialties. The proposed improvements for the proposed theory of dough preparation impact teaching process at the higher education institutions. The basis of integration of the latest methodology into teaching is the theory of balanced nutrition, which is based on the use of various scientific methods. The approach helps pedagogical and scientific activities rely on the possibility of improving proficiency in education, allowing coming up with new tools and overall improving quality of training of future graduates. It relies on on-going improvement of knowledge in specialized disciplines. It is based around latest research of training specialists in engineering specialties of subjects like but not limited to: "Introduction to the specialty", "Building, buildings, their equipment and operation", "Industrial furnaces", belonging to the group of special disciplines. Using continuous improvement of analysis and new material in lectures allows to improve hands-on materials used in labs and practical works. This leads to quality improvement and enhancement of curriculum, final papers and diploma. Systematic approach to the methodology improvement and studying the proposed theory of dough preparation allows formation of comprehensive approach application and requirements in the specialty 05.18.12 — Processes and equipment for the food, microbiological and pharmaceutical industries.*

**Keywords:** *dough, technology, process, energy impact, dough preparation theory, pedagogy, university.*



DOI : 10.33274/2079-4827-2020 -41-2-97-86  
УДК 621.325.5

*Цвіркун Л. О., канд. пед. наук<sup>1</sup>*  
*Цвіркун С. Л., канд. техн. наук<sup>2</sup>*  
*Бондаренко О. О., канд. екон. наук<sup>3</sup>*

- <sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua  
<sup>2</sup> Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: tserg30@ukr.net  
<sup>3</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: bondarenko\_oo@donnuet.edu.ua

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛУЧЕННЯ ЯБЛУК ПЕВНОГО РІЗНОВИДУ  
В УМОВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ  
МЕТОДІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ**

UDC 621.325.5

*Tsvirkun L. A., PhD in Pedagogical sciences<sup>1</sup>*  
*Tsvirkun S. L., PhD in Technical sciences<sup>2</sup>*  
*Bondarenko O. O., PhD in Economic sciences<sup>3</sup>*

- <sup>1</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua  
<sup>2</sup> Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: tserg30@ukr.net  
<sup>3</sup> Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: bondarenko\_oo@donnuet.edu.ua

**THE RESEARCH OF TECHNOLOGY OF APPLE EXTRACTION  
OF A CERTAIN FORM IN THE CONDITIONS OF THE FOOD INDUSTRY  
WITH APPLICATION OF CLUSTERIZATION METHODS**

**Мета.** Метою статті є дослідження технології вилучення яблук певного різновиду в умовах харчової промисловості.

**Методи.** У роботі для розбиття яблук на певні різновиди, наведені декількома видами, застосовані методи чіткої і нечіткої кластеризації.

**Результати.** Зазначено, що на попередньому етапі сортування відбувається вилучення маленьких яблук, битих, неякісних, а також із дефектами; за розміром, різновидом, кольором яблука сортують вже згодом на виробництві. Акцентовано увагу на тому, що належність яблук до певного різновиду може бути визначена за кількома параметрами, а саме розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ), тому для виконання цієї операції доцільно використовувати операцію кластеризації. Запропоновано для розбиття яблук на певні різновиди, наведені декількома сортами, застосовувати методи чіткої і нечіткої кластеризації. Аналіз досліджень показав, що чітка кластеризація характеристик яблук  $X$  означає розбиття даних на певне число взаємовиключних підмножин з подібними характеристиками, які притаманні певному різновиду. При цьому вважають, що кількість різновидів відома. За допомогою класичної теорії множин чітка кластеризація визначається як сімейство підмножин, які відповідають умовам: всі об'єкти розподілені за кластерами, кожен об'єкт належить тільки одному кластеру, жоден з кластерів не порожній. Було встановлено, що з-поміж методів чіткої кластеризації для вирішення задачі розпізнавання яблук за сортами найбільш ефективними є методи  $K$ -means та  $K$ -medoid, які визначають належність кожного набору характеристик яблук для одного із кластерів. Інтерпретовано результати нечіткої кластеризації яблук за алгоритмами (Fuzzy  $S$ -means, Густафсона-Кесселя, Гаса-Гева). Наведено результати нечіткого розбиття у вигляді тривимірного графіка. Запропоновано для розбиття яблук на певні різновиди, наведені

Надійшла до редакції 09.09.2020 р.

© Л. О. Цвіркун, С. Л. Цвіркун,  
О. О. Бондаренко, 2020

декількома сортами, схожість показників яких дозволить вилучити певний різновид яблук із загального потоку, метод, що дозволяє здійснювати розпізнавання певних сортів яблук шляхом нечіткої кластеризації його характеристик з використанням алгоритму Густафсона-Кесселя і подальшої апроксимації гауссовими функціями належності проєкцій результатів кластеризації на безліч вхідних даних.

**Ключові слова:** технологія, сортування, характеристики яблук, різновиди яблук, харчова промисловість, яблука.

**Постановка проблеми.** Яблука — невід’ємна частина українського експорту. За кордоном вони користуються величезним попитом і щороку завойовують нові ринки. Щоб отримати яблука вищого ґатунку, необхідно дотримуватися правильної технології зберігання, сортування та пакування. На попередньому етапі сортування відбувається вилучення маленьких яблук, битих, неякісних, а також із дефектами. Однак за розміром, різновидом, кольором яблука сортують вже згодом на виробництві. Відповідно від того, наскільки якісно яблука будуть відсортовані, залежить подальший експорт продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оскільки належність яблук до певного різновиду може бути визначена за кількома параметрами, а саме розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ), то для виконання цієї операції доцільно використовувати операцію кластеризації (рис. 1). Більшість алгоритмів кластеризації не спираються на традиційні для статистичних методів допущення, вони можуть використовуватися в умовах майже повної відсутності інформації щодо законів розподілу даних [1; 10].



**Рисунок 1** — Різновиди яблук

Вихідною інформацією для кластеризації є матриця вимірювання непрямих ознак певних різновидів яблук, що складається з  $M$  рядків, кожна з яких містить значення ознак:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{M1} & x_{M2} & \dots & x_{Mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де  $n$  — кількість ознак;  $M$  — кількість різновидів яблук.

У нашому випадку завданням є розбиття яблук за різновидом, наведеним декількома сортами, на кілька кластерів, схожість показників яких дозволить вилучити певний різновид яблук із загального потоку.

Для підвищення ефективності процесу кластеризації була виконана нормалізація вхідних даних [2; 3; 10]:

$$\bar{x} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2)$$

де  $x$  — поточне значення характеристики яблук;  $[x_{\min}, x_{\max}]$  — діапазон значень характеристики яблук.

Результати нормалізації пари характеристик яблук: розміру  $d$  і колірному тону  $g$  (у відтінках сірого) після виключення з вибірки наведено на рис. 2.

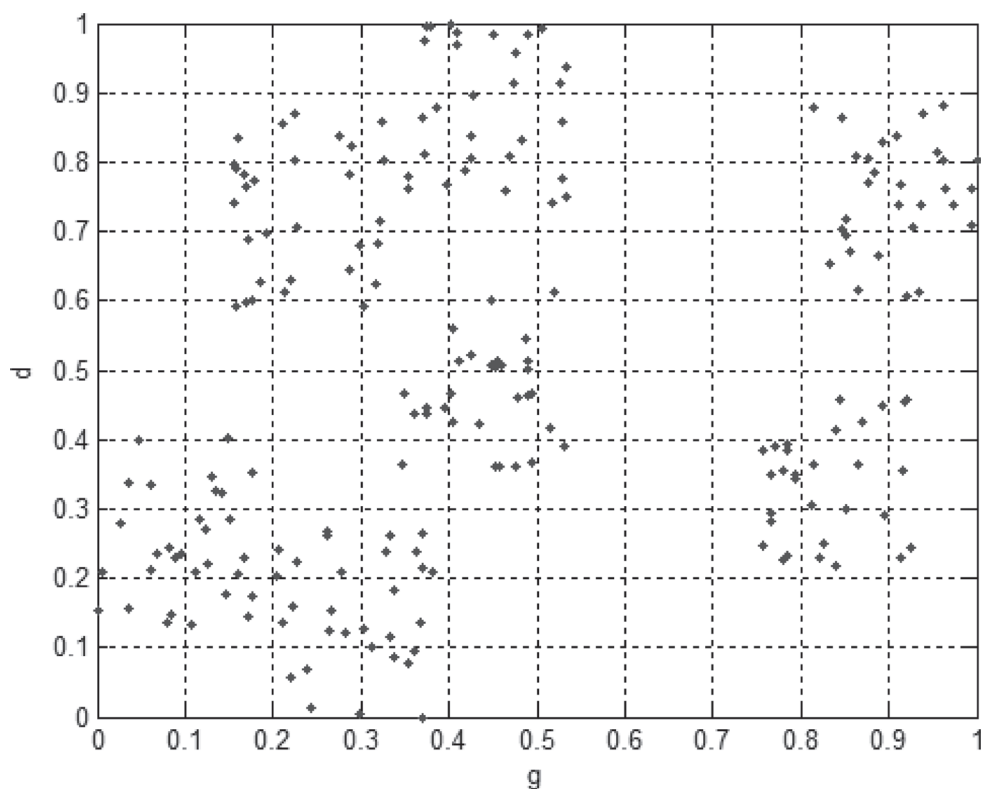


Рисунок 2 — Результати нормалізації характеристик яблук

Для здійснення кластеризації характеристик яблук було розглянуто методи чіткої і нечіткої кластеризації. Чітка кластеризація характеристик яблук  $X$  означає розбиття даних на певне число взаємовиключних підмножин з подібними характеристиками, які притаманні певному різновиду. При цьому вважають, що кількість різновидів відома. За допомогою класичної теорії множин чітка кластеризація визначається як сімейство підмножин  $\{A_i | 1 \leq i \leq c \subset P(X)\}$ , які відповідають умовам: всі об'єкти розподілені за кластерами, кожен об'єкт належить тільки одному кластеру, жоден з кластерів не порожній [1; 4].

Серед методів чіткої кластеризації для вирішення задачі розпізнавання яблук за сортами найбільш ефективними є методи K-means та K-medoid, які визначають належність кожного набору характеристик яблук для одного із кластерів, щоб мінімізувати в межах кластера суму квадратів [1, 4].

$$\sum_{i=1}^c \sum_{k \in A_i} \|x_k - v_i\|^2, \quad (3)$$

де  $A_i$  — набір об'єктів (опорних точок) в  $i$ -й кластер;  $v_i$  — середнє, на що вказують точки кластера  $i$ .

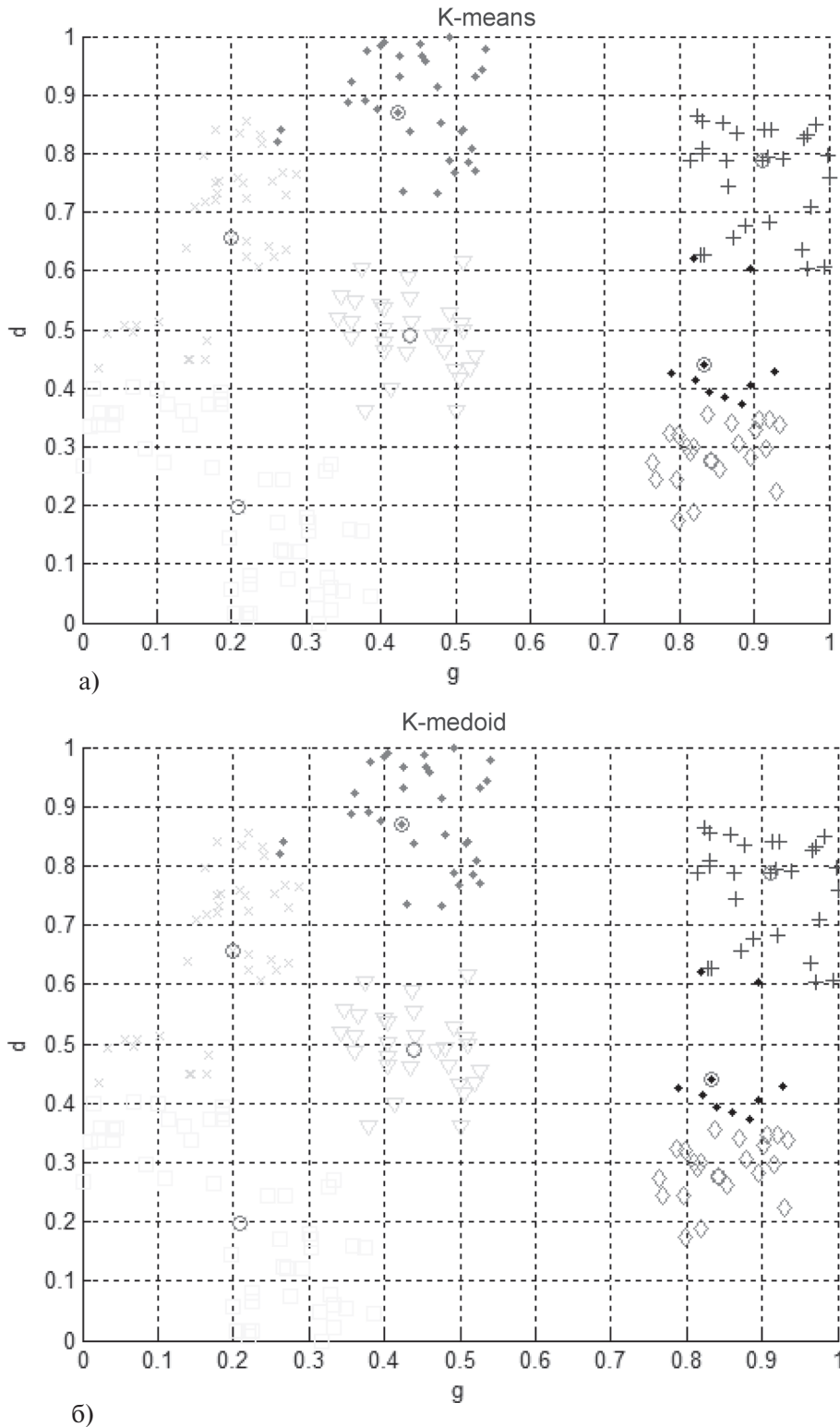
Відповідно до алгоритму K-means кластеризації  $v_i$  називається центрами кластерів:

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} x_k}{N_i}, \quad x_k \in A_i, \quad (4)$$

де  $N_i$  — кількість об'єктів у  $A_i$ .

**Мета статті** — дослідження технології вилучення яблук певного різновиду в умовах харчової промисловості

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Результат кластеризації яблук, виконаної за алгоритмом K-means, наведено на рис. 3(а). Згідно з методом K-medoids кластеризація центрами кластерів — найближчі об'єкти середніх даних в одному кластері  $V = \{V_i \in X | 1 \leq i \leq c\}$  [1; 4]. Результат кластеризації яблук, виконаної за алгоритмом K-medoids, наведено на рис. 3(б).



**Рисунок 3** — Результат кластеризації яблук: а) алгоритм K-means; б) алгоритм K-medoids

У реальній ситуації поділ яблук на різновиди недоцільно представляти двома ступенями приналежності 0 або 1, як це відбувається при чіткій кластеризації. Більш природним є використання часткової належності в діапазоні від 0 до 1, що дозволить певним яблукам, характеристики яких знаходяться в межах між декількома кластерами, належати їм з різним ступенем.

Нечіткі кластери описують матрицею нечіткого розбиття [1]:

$$F = [\mu_{ki}], \quad \mu_{ki} \in [0,1], \quad k = \overline{1, M}, \quad i = \overline{1, c}, \quad (5)$$

де рядок з номером  $k$  містить ступені приналежності об'єкта  $(x_{k1}, x_{k1}, \dots, x_{kn})$  до відповідних кластерів  $A_1, A_2, \dots, A_c$ .

Алгоритм кластеризації Fuzzy C-means, що використовувався для кластеризації характеристик яблук, заснований на мінімізації функціонала C-means [1; 4]

$$J(X, U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N \mu_{ik}^m \|x_k - v_i\|_A^2, \quad (6)$$

де

$$V = [v_1, v_2, \dots, v_c], \quad v_i \in R^n, \quad (7)$$

вектор центрів кластерів

$$D_{ikA}^2 = \|x_k - v_i\|_A^2 = (x_k - v_i)^T A_i (x_k - v_i). \quad (8)$$

Результат кластеризації яблук, виконаної за алгоритмом Fuzzy C-means (рис. 4(а)), показав правильне, порівняно з еталонним визначенням центрів кластерів, що дозволяє зробити висновок про перспективність використання цього методу.

Також для класифікації характеристик яблук був використаний алгоритм Густафсона-Кесселя (Gustafson-Kessel), який удосконалює алгоритм Fuzzy C-means, використовуючи адаптивну норму відстані для кожного кластера [5; 6]

$$D_{ikA}^2 = (x_k - v_i)^T A_i (x_k - v_i), \quad 1 \leq i \leq c, \quad 1 \leq k \leq N. \quad (9)$$

При цьому матриці  $A_i$  використовують в методі C-means для оптимізаційних змінних. Цільова функція алгоритму визначається формулою:

$$J(X, U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N \mu_{ik}^2 D_{ikA_i}^2. \quad (10)$$

Результат кластеризації яблук, виконаної за алгоритмом Густафсона-Кесселя, наведено на рис. 4(б). Результат кластеризації яблук, виконаний за алгоритмом Гаса-Гева наведений на рис. 3(в).

Якість алгоритмів кластеризації як ітераційних процесів оцінювалась за швидкістю досягнення оптимуму із заданою точністю за кінцеве число кроків. Збіжність алгоритмів кластеризації характеристик яблук перевірялася при розбитті на близьку до оптимальної кількість кластерів: 5–9, що дозволило оцінити не тільки власне показники збіжності, а й додатково перевірити доцільність обраного раніше вибору оптимальної кількості кластерів.

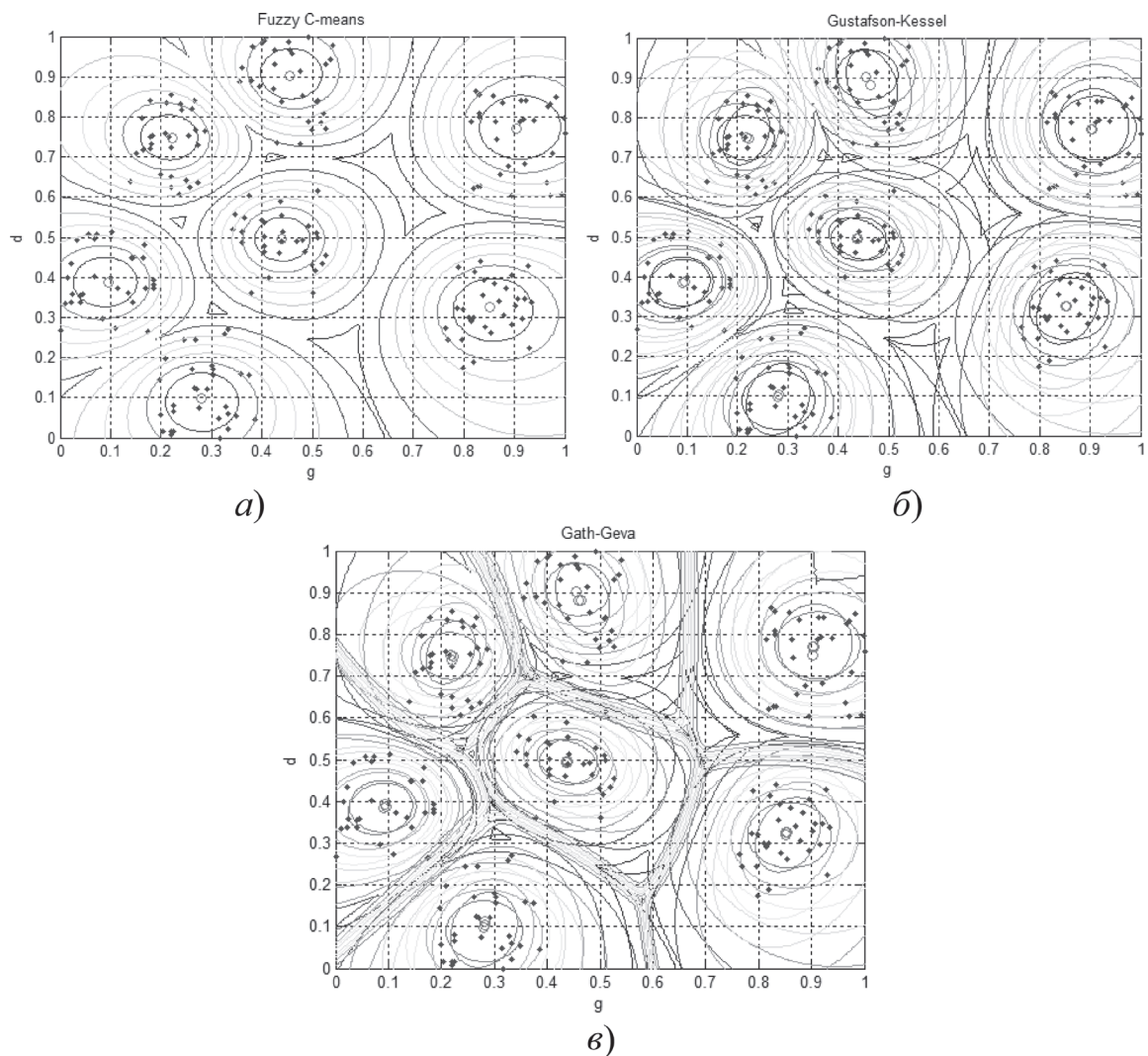
Найкращі в середньому показники мають методи Густафсона-Кесселя і Гаса-Гева. Однак недоліком алгоритму Гаса-Гева є необхідність попередньої обробки вихідних даних шляхом кластеризації з використанням, наприклад, методу нечіткої кластеризації FCM. Таким чином, найбільш доцільним видається використання методу нечіткої кластеризації Густафсона-Кесселя [7; 8; 9].

Наведемо результати нечіткого розбиття у вигляді тривимірного графіка. Для кожного зразка яблук відкладемо по осях абсцис і ординат значення характеристик, а по осі аплікату — ступінь приналежності певному кластеру.

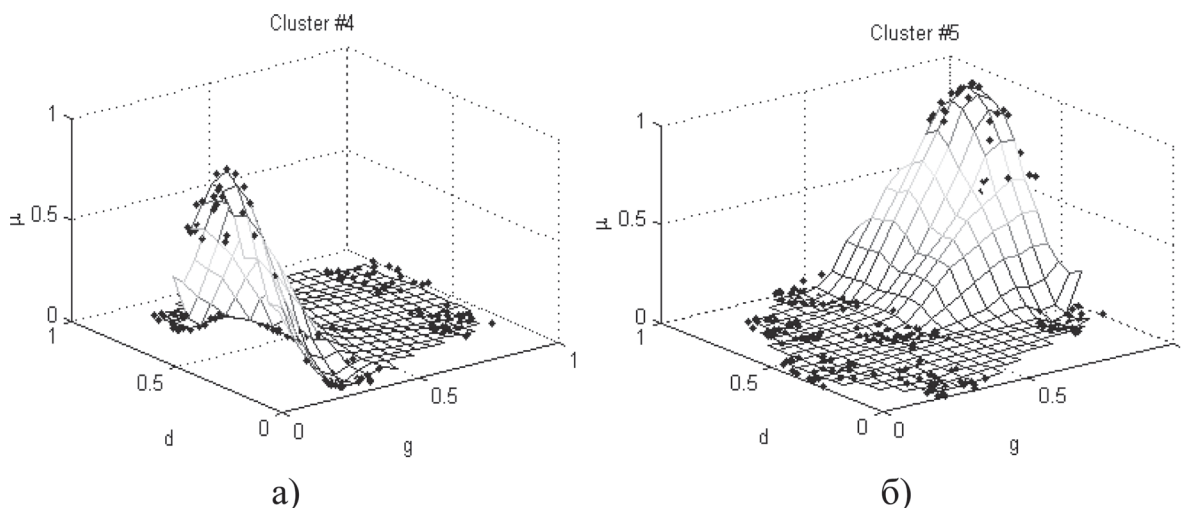
Тривимірні зображення нечітких кластерів відповідних зразків досліджуваних різновидів яблук наведені на рис. 5.

Таким чином, розроблений метод дозволяє здійснювати розпізнавання певних різновидів яблук шляхом нечіткої кластеризації його характеристик з використанням алгоритму Густафсона-Кесселя і подальшої апроксимації гауссовими функціями належності проєкцій результатів кластеризації на безліч вхідних даних.

**Висновки.** Отже, задля розбиття яблук на певні різновиди, наведені декількома сортами, схожість показників яких дозволить вилучити певний різновид яблук із загального потоку, було розроблено метод, що дозволяє здійснювати розпізнавання певних сортів



**Рисунок 4** — Результат нечіткої кластеризації яблук  
 а) Fuzzy C-means; б) Густафсона-Кесселя; в) Гаса-Гева



**Рисунок 5** — Функції приналежності характеристик: а — кластер № 4, б — кластер №5  
 яблук шляхом нечіткої кластеризації його характеристик з використанням алгоритму Густафсона-Кесселя і подальшої апроксимації гауссовими функціями належності проєкцій результатів кластеризації на безліч вхідних даних. Подальшим кроком є апробація запропонованого методу.

## Список літератури

1. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. URL : <http://matlab/exponenta.ru/fuzzylogic/book1>.
2. Balasko B., Abonyi J., Feil B. Fuzzy clustering and data analysis toolbox. *Veszprem: Department of Process Engineering University of Veszprem*, 2006. 74 p.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / год. ред. Д. А. Пospelova. М. : Наука, 2006. 312 с.
4. Bezdek J. C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Plenum Press. 2016. Vol. 4. P. 1–14.
5. Gustafson D. E., Kessel W. C. Fuzzy clustering with a fuzzy covariance matrix. IEEE Conference on Decision and Control including the 17th Symposium on Adaptive Processes. San Diego, CA, USA. 2008. Vol. 7. P. 773–781.
6. Gath I., Geva A. Unsupervised optimal fuzzy clustering. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2005. Vol. 7. P. 773–781.
7. Lim Jae S. Two-Dimensional Signal and Image Processing. Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice Hall, 2007. p. 694.
8. Rosten E., Drummond T. Fusing points and lines for high performance tracking. *10<sup>th</sup> IEEE International Conference on Computer Vision. Beijing, China*. 2010. Vol. 2. P. 1508–1515.
9. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. SURF: Speeded up robust features. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*. San Diego, CA, USA. 2006. Vol. 4. P. 404–407.
10. Balasko B., Abonyi J., Feil B. Fuzzy Clustering and Data Analysis Toolbox. *University of Pannonia*, no. 12, pp. 274–286.

## References

1. Shtovba, S. D. (2010). *Vvedeniye v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku* [Introduction into the theory of fuzzy sets and fuzzy logic]. Access mode : <http://matlab/exponenta.ru/fuzzylogic/book1>.
2. Balasko, B., Abonyi, J., Feil, B. (2006). *Nabor instrumentov dlya nechetkoy klasterizatsii i analiza dannykh* [Fuzzy clustering and data analysis toolbox]. *Veszprem: Department of Process Engineering University of Veszprem*, 74 p.
3. Pospelova, D. A. (2006). *Nchetkiye mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta* [Fuzzy sets in management models and artificial intelligence]. Moscow, Science, 312 p.
4. Bezdek, J. C. (2016). *Raspoznvaniye obrazov s pomoshch'yu algoritmov nechetkoy tselevoy funktsii* [Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms]. *Plenum Press* [Plenum Press], vol. 4., pp.1–14.
5. Gustafson, D. E., Kessel, W. C. (2008). *Nchetkaya klasterizatsiya s nechetkoy kovariatsionnoy matritsey* [Fuzzy clustering with a fuzzy covariance]. *Konferentsiya IEEE po prinyatiyu resheniy i kontrolyu, vklyuchaya 17-y simpozium po adaptivnym protsessam* [IEEE decision making and control conference, including 17th adaptive processes symposium]. San Diego, CA, USA, vol. 7. pp. 773–781.
6. Gath, I., Geva, A. (2005). *Optimal'naya nechetkaya klasterizatsiya bez uchitelya* [Unsupervised optimal fuzzy clustering]. *IEEE Transactions po analizu shablonov i mashinnomu analizu* [IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence], vol. 7, pp. 773–781.
7. Lim Jae, S. (2007). *Dvumernaya obrabotka signalov i izobrazheniy* [Two-Dimensional Signal and Image Processing. Englewood Cliffs]. New Jersey, Prentice Hall, 2007. 694 p.
8. Rosten, E., Drummond, T. (2010). *Tochki soyedineniya i linii dlya vysokoproizvoditel'nogo otslezhivaniya* [Fusing points and lines for high performance tracking]. *Mezhdunarodnaya konferentsiya IEEE po komp'yuternomu zreniyu* [IEEE International Conference on Computer Vision]. Beijing, China, vol. 2, pp. 1508–1515.
9. Bay, H., Tuytelaars, T., Van Gool, L. (2006). *SURF: Uskorennyye nadezhnyye funktsii* [SURF: Speeded up robust features]. *Trudy Yevropeyskoy konferentsii po komp'yuternomu zreniyu* [Proceedings of the European Conference on Computer Vision]. San Diego, CA, USA, vol. 4, pp. 404–407.

10. Balasko, B., Abonyi, J., Feil, B. (2005). Fuzzy Clustering and Data Analysis Toolbox. University of Pannonia, no. 12, pp. 274–286.

**Objective.** *The aim of the article is to study the technology of extracting apples of a certain species in the food industry.*

**Methods.** *In the work for the division of apples into certain varieties, represented by several varieties, the methods of clear and fuzzy clustering are used.*

**Results.** *It is noted that at the preliminary stage of sorting there is a removal of small apples, broken, low-quality, as well as with defects; by size, variety, color apples are sorted later in production. Emphasis is placed on the fact that the affiliation of apples of a certain species can be determined by several parameters, namely size ( $d$ ), weight ( $m$ ), color ( $g$ ), so it is advisable to use the clustering operation to perform this operation. It is proposed to use clear and fuzzy clustering methods to divide apples into certain varieties represented by several varieties. Analysis of research has shown that a clear clustering of the characteristics of apples  $X$  means the division of data into a certain number of mutually exclusive subsets with similar characteristics that are inherent in a particular variety. In this case, it is believed that the number of species is known. Using classical set theory, a clear clustering is defined as a family of subsets corresponding to the conditions: all objects are distributed in clusters, each object belongs to only one cluster none of the clusters is empty. It was found that among the methods of clear clustering to solve the problem of recognizing apples by variety, the most effective methods are  $K$ -means and  $K$ -medoid, which determine the affiliation of each set of characteristics of apples for one of the clusters. The results of fuzzy clustering of apples by algorithms (Fuzzy  $C$ -means, Gustafson-Kessel, Gus Giva) are interpreted. The results of fuzzy partitioning in the form of a three-dimensional graph are presented. It is proposed to divide apples into certain varieties represented by several varieties, the similarity of which will exclude a certain type of apples from the general flow, a method that allows the recognition of certain varieties of apples by fuzzy clustering of its characteristics using Gustafson-Kessel algorithm and subsequent approximation clustering to multiple inputs.*

**Key words:** *technology, sorting, characteristics of apples, varieties of apples, food industry, apples.*



## ЗМІСТ

### СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*Дейниченко Л. Г., Філіппова А. Ю.*

ТЕХНОЛОГІЯ БІСКВІТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЮРЕ ГАРБУЗА  
ТА БОРОШНА З НАСІННЯ СОНЯШНИКА ..... 5

*Горяйнова Ю. А., Сімакова О. О., Кучма А. Ю., Мороз В. О.*

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБІВ ІЗ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА ЛІКУВАЛЬНО-  
ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ШОВКОВИЦІ ..... 12

*Попова С. Ю., Слащева А. В., Пусікова О. А., Пшиннік В. О.*

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ  
РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У РЕСТОРАННОМУ ГОСПОДАРСТВІ ..... 19

*Сімакова О. О., Горяйнова Ю. А., Гніцевич В. А.,*

*Слащева А. В., Боднарчук О. А.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗБАГАЧЕНИХ КАЛІЄМ РАЦІОНІВ  
НА ФІЗИЧНУ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СТУДЕНТІВ ..... 26

### ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

*Слащева А. В., Попова С. Ю., Сімакова О. О.,*

*Боднарчук О. А., Пусікова О. А.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ  
НАПОЇВ З БІОПРОТЕКТОРНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ..... 35

*Сильчук Т. А., Фурманова Ю. П., Павлюченко О. С.*

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ БОРОШНЯНИХ СУМІШЕЙ  
ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА ..... 41

### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Дмитревський Д. В., Перекрест Н. Г., Перекрест В. В.,*

*Гейєр Г. В., Расчехмаров І. В.*

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ПЛОДІВ  
ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ЯБЛУЧНОГО ПЮРЕ ..... 47

*Цвіркун Л. О., Омельченко О. В., Цвіркун С. Л., Гейєр Г. В.*

МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ В КАМЕРАХ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЯБЛУК ..... 57

*Мельник О. Є., Омельченко О. В., Цвіркун Л. О.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ  
ПІД ЧАС КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ  
В ХОЛОДИЛЬНИХ КАМЕРАХ ПЛОДООВОЧЕСХОВИЩА ..... 64

### РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Мазняк З. О.,*

*Омельченко О. О., Швидько В. М.*

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ  
УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ СИРОВАТКИ З-ПІД КИСЛОГО СИРУ ..... 71

*Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К.,*

*Заїкіна Д. П., Кузьменко А. О., Невідін В. І.*

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ  
ХАРЧОВИХ СМАРТ-ПРОДУКТІВ З ТЕХНОЛОГІЯМИ ЗАМОРОЖУВАННЯ ..... 79

**Янаков В. П., Ланже О.**

ІНТЕГРАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПРОПОНОВАНОЇ ТЕОРІЇ  
ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА ..... 89

**Цвіркун Л. О., Цвіркун С. Л., Бондаренко О. О.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛУЧЕННЯ ЯБЛУК  
ПЕВНОГО РІЗНОВИДУ В УМОВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ  
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ..... 97

# CONTENTS

## MODERN FOOD TECHNOLOGIES

<i>Deinychenko L., Filippova A.</i> TECHNOLOGY OF SPONGE CAKE WITH PUMPKIN PUREE AND SUNFLOWER SEEDS FLOUR .....	5
<i>Goriainova Yu. A., Simakova O. O., Kuchma A. Yu., Moroz V. O.</i> TECHNOLOGY OF WHEAT FLOUR PRODUCTS FOR MEDICAL AND PREVENTIVE PURPOSES WITH THE USE OF MULLET .....	12
<i>Popova S. Yu., Slashcheva A. V., Pusikova O. A., Pshynnik V. O.</i> MODERN TENDENCIES OF THE USE OF PLANT RAW MATERIALS PRODUCTS IN RESTAURANT ECONOMY .....	19
<i>Simakova O. O., Goriainova Yu. A., Hnitsevyh V. A., Slashcheva A. V., Bodnaruk O. A.</i> RESEARCH OF INFLUENCE OF POTASSIUM-RICH DIETS ON PHYSICAL PERFORMANCE OF STUDENTS .....	26

## CHEMICAL, PHYSICAL, MATHEMATICAL METHOD OF QUALITY RESEARCH OF FOOD PRODUCTS

<i>Slashcheva A. V., Popova S. Yu., Simakova O. O., Bodnaruk O. A., Pusikova O. A.</i> RESEARCH OF QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF BEVERAGES WITH BIOPROTECTOR PROPERTIES .....	35
<i>Sylchuk T. A., Furmanova Y. P., Pavliuchenko E. S.</i> THEORETICAL BACKGROUND FOR THE CREATION OF FLOUR MIXTURE DESIGNED FOR RESTAURANT ENTERPRISES .....	41

## IMPROVEMENT OF PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION

<i>Dmytrevskiy D. V., Perekrest N. G., Perekrest V. V., Heïier H. V., Raschekhmarov I. V.</i> DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE PROCESS OF HEAT TREATMENT OF FRUITS IN THE MANUFACTURE OF APPLE PUREE .....	47
<i>Tsvirkun L. A., Omelchenko O. V., Tsvirkun S. L., Heïier H. V.</i> METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THERMAL MEASUREMENTS IN APPLE STORAGE CHAMBERS .....	57
<i>Melnyk O. E., Omelchenko O. V., Tsvirkun L. A.</i> RESEARCH OF HEAT AND MASS EXCHANGE PROCESSES DURING AIR CONDITIONING IN REFRIGERATED CHAMBERS OF FRUIT-AND-VEGETABLE STORAGE .....	64

## DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE HIGH-EFFICIENT FOOD INDUSTRY EQUIPMENT

<i>Deynychenko G. V., Guzenko V. V., Maznyak Z. O., Omelchenko O. V., Schvydko V. M.</i> RESEARCH OF THE INTENSIFICATION METHOD OF THE ULTRAFILTRATION PROCESS OF CURDY WHEY .....	71
--	----

*Khorolskyi V. P., Korenets Yu. M., Kopayhora O. K.,  
 Zaikina D. P., Kuzmenko A. O., Nevidin V. I.*  
 PRODUCTION MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM  
 OF FOOD SMART PRODUCTS WITH FREEZING TECHNOLOGIES ..... 79

*Yanakov V. P., Lange O.*  
 INTEGRATION AND ITS ASPECTS FOR THE PROPOSED  
 DOUGH PREPARATION THEORY ..... 89

*Tsvirkun L. A., Tsvirkun S. L., Bondarenko O. O.*  
 THE RESEARCH OF TECHNOLOGY OF APPLE EXTRACTION  
 OF A CERTAIN FORM IN THE CONDITIONS OF THE FOOD INDUSTRY  
 WITH APPLICATION OF CLUSTERIZATION METHODS ..... 97

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

*Наукове видання*

**ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

**№ 2 (41) 2020**

*Тематичний збірник наукових праць*

*Українською та англійською мовами*

Підписано до друку 23.12.2020 р.  
Формат 60x84/8. Папір офсетний.  
Гарнітура «Newton C». Друк — лазерний.  
Ум. друк. арк. 12,67. Обл.-вид. арк. 11,45.  
Наклад 60 прим. Зам. № \_\_\_\_.

---

ФОП Маринченко С. В.  
вул. Героїв АТО, 81-а, оф. 109,  
м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50086  
Свідоцтво про державну реєстрацію № 030567 від 19.01.2007 р.  
тел. (067) 539-66-81