

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

Випуск 35

Збірник наукових праць заснований у 1998 році

Виходить два рази на рік

Кривий Ріг
ДонНУЕТ
2017

УДК 664.002.5

Головний редактор — О. Б. Чернега
Заступник головного редактора — В. П. Хорольський
Відповідальний редактор серії — Т. О. Ружинська
Відповідальний секретар серії — А. В. Слащева

Редакційна колегія серії (Україна):

О. В. Богомолів, О. Г. Бурдо, Я. Г. Верхівкер, Г. В. Гейер, В. А. Гніцевич, О. О. Гринченко, Г. В. Дейниченко, Т. В. Капліна, В. М. Ковбаса, М. Ф. Кравченко, Л. П. Малуц, В. М. Михайлов, П. П. Пивоваров, В. В. Погарська, Г. Є. Поліщук, А. В. Слащева, В. М. Таран, А. І. Троцан, Л. В. Фролова, В. П. Хорольський, О. І. Черевко, О. Б. Чернега.

Закордонні члени редакційної колегії:

В. Я. Груданов (Білоруський державний аграрний університет, м. Мінськ, Республіка Білорусь), Станка Дамянова (University of Ruse in Razgrad (UR), Razgrad, Bulgaria), Димитру Мнеріе («IOAN SLAVICI» Foundation for Culture and Education – University Timisoara (ISF), Timisoara, Romania), І. М. Кирик (Могильовський державний університет продовольства, м. Могильов, Республіка Білорусь), Лівіу Гачеу (University of Transilvania of Brasov (UnitBV), Brasov, Romania), Овідіо Тита (University Lucian Blaga of SIBIU (ULBS), Sibiu, Romania), Святослав Симеонов (Технічний університет Габрово, Болгарія), Стефан Стефанов (Університет харчових виробництв, Пловдив, Болгарія).

Рецензенти

В. А. Гніцевич, О. О. Гринченко, П. О. Карпенко, М. Ф. Кравченко,
Л. В. Левандовський, П. П. Пивоваров.

Журнал зареєстровано в Міністерстві юстиції України.
Реєстраційний номер КВ № 13182-2066ПР від 25.07.2007 р.

Засновник та видавець Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк.

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 № 6 від 13.12.2017 р.*

Мова видання: українська, російська, 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: druk.visnyk@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

© Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, 2017

ISSN 2079-4827

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

FOOD PRODUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES

Thematic collection of scientific works

Issue 35

Collection of scientific works published since 1998
Issued 2 times a year

Kryvyi Rih
DonNUET
2017

Editor in chief — **O. B. Chernega**

Deputy editor in chief — **V. P. Khorolskyi**

Executive editor of series — **T. O. Ruzhynska**

Executive secretary of series — **A. V. Slashcheva**

Editorial board of series (Ukraine):

O. V. Bogomolov, O. G. Burdo, Ya. H. Verhivker, G. V. Heier, of series (Ukraine): V. A. Gnitsevych, O. O. Grynchenko, G. V. Deynychenko, T. V. Kaplina, V. M. Kovbasa, M. F. Kravchenko, L. P. Malyuk, V. M. Mykhaylov, P. P. Pyvovarov, V. V. Pogarska, G. Ye. Polishchuk, A. V. Slashcheva, V. M. Taran, A. I. Trotsan, L. V. Frolova, V. P. Khorolskyi, O. I. Cherevko, O. B. Chernega.

Foreign members editorial board:

V. Ya. Grudanov (*Belarusian State Agrarian University, Minsk, editorial board: Republic of Belarus*); Damyanova Stanka (*University of Ruse in Razgrad (UR), Razgrad, Bulgaria*); Dimitru Mnerye (*«IOAN SLAVICI» Foundation for Culture and Education – University Timisoara (ISF), Timisoara, Romania*); I. M. Kyryk (*Mogilev State University of Food, Mogilev, Republic of Belarus*); Liviu Hacheu (*University of Transylvania of Brasov (UnitBV), Brasov, Romania*); Ovidio Tita (*University Lucian Blaga of SIBIU (ULBS), Sibiu, Romania Republic*); Svyatoslav Simeonov (*Technical University of Gabrovo, Bulgaria*); Stefan Stefanov (*University of Food Production, Plovdiv, Bulgaria*).

Reviewers:

V. A. Gnitsevych, O. O. Grynchenko, P. O. Karpenko,
M. F. Kravchenko, L. V. Levandovskyi, P. P. Pyvovarov.

Journal was registered at Ministry of Justice of Ukraine. Registration number KB № 13182-2066ПП dated July 25, 2007.

Founder and editor Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Donetsk. 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. 6 dated 13.12.2017).

Language of edition: Ukrainian, Russian, 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: druk.visnyk@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.683:663.26:663.48

Касабова К. Р., канд. техн. наук¹

Гревцева Н. В., канд. техн. наук, доцент¹

*Шідакова-Каменюка О. Г., канд. техн. наук,
доцент¹*

Омельченко О. В., канд. техн. наук²

¹ Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна, e-mail: thkmvkh@hduht.edu.ua

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

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ПРОДУКТІВ ВИНОРОБНОГО ТА ПИВОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВ У ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА

UDC 664.683:663.26:663.48

Kasabova K. R., PhD in Engineering sciences¹

*Grevtseva N. V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*

*Shidakova-Kamenyuka E. G., PhD in Engineering
sciences, Associate Professor¹*

Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences²

¹ Kharkiv State University of Food Technology and Trade (Kharkiv, Ukraine), e-mail: thkmvkh@hduht.edu.ua

² Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

USE OF THE SECONDARY PRODUCTS OF WINERIES AND BREWERIES PRODUCTION IN THE TECHNOLOGY OF BUTTER BISCUITS

Мета. Мета статті полягає в обґрунтуванні доцільності використання вторинних продуктів виноробного та пивоварного виробництв, таких як порошок з макухи виноградних кісточок та борошно з пивної дробини, в технології здобного печива.

Методи. У процесі досліджень використано стандартні органолептичні та фізико-хімічні методи оцінки якості готового печива. Здатність печива до намокання визначали методом, заснованим на встановленні збільшення його маси після занурення до води за температури 20 °С за встановлений час. Визначення вмісту корисних нутрієнтів проводили з урахуванням довідникових даних стосовно хімічного складу рецептурних компонентів печива та використаних добавок.

Результати. Розроблено технологію здобного печива з додаванням порошку з макухи виноградних кісточок або борошна з пивної дробини. Доведено позитивний вплив дослідних добавок на якість печива. Встановлено вміст корисних нутрієнтів у здобному печиві під час додавання добавок.

Ключові слова: здобне печиво, порошок, виноградні кісточочки, макуха, пивна дробина, намоцувальність, вологість, питомий об'єм, корисні нутрієнти.

Постановка проблеми. Одним із основних завдань в галузі харчових технологій є створення технологій продукції оздоровчої дії. Медичні дослідження щодо стану здоров'я населення нашої країни свідчать про необхідність постійного споживання такої продукції, а також її обов'язкового включення в раціони харчування дітей і підлітків для формування здорового покоління. Для цього у виробництві традиційних повсякденних продуктів хар-

Надійшла до редакції 04.10.2017 р.

© К. Р. Касабова, Н. В. Гревцева,
О. Г. Шідакова-Каменюка, О. В. Омельченко, 2017

чування використовують збагачувальні добавки, що містять фізіологічно функціональні компоненти.

До продукції, що користується постійним попитом, відносяться борошняні кондитерські вироби, у тому числі здобне печиво. Традиційні рецептури печива включають висококалорійну сировину, що має низьку біологічну цінність, — борошно вищого ґатунку, жири (маргарини, вершкове масло, кондитерські жири), цукор. Таке печиво містить багато вуглеводів, жирів і не відноситься до «здорової їжі». Тому актуальним завданням є розробка технології здобного печива з додаванням біологічно активних речовин. Їх джерелами можуть бути продукти переробки рослинної сировини, які містять білки, вітаміни, мінеральні речовини, поліфеноли, харчові волокна та інші корисні компоненти. До такої сировини відносяться пивна дробина та виноградні вичавки, що накопичуються на виноробних та пивоварних підприємствах.

Традиційно виноградні вичавки використовували для годування свійських тварин, виробництва етилового спирту, винної кислоти, барвнику, кормового борошна і олії виноградних кісточок. Пивну дробину також використовують в якості корму у тваринництві, крім того, вона є джерелом отримання цукрозаміннику ксиліту, глюкози, глутамату натрію. Однак використання виноградних вичавків та пивної дробини на харчові цілі обмежене через їх швидке псування, складність транспортування й необхідність застосування великих обсягів для задоволення потреб організму. Це основні причини того, що на смітниках накопичується величезна кількість зазначених відходів, які загнивають, виділяючи до атмосфери отруйні речовини, що значно порушують екологію і є джерелом різних мікотоксинів [1].

На сьогоднішній день запропоновано різні способи переробки пивної дробини та виноградних вичавків, найпростішим з яких є сушіння. Сушка і подрібнення зазначеної сировини не вимагають спеціалізованого обладнання і дозволяють отримувати серійну продукцію у виді борошна з пивної дробини та порошків з виноградних вичавків, зокрема, з макухи виноградних кісточок, які, зважаючи на низьку вологість, можуть розглядатися як концентрати корисних речовин.

Високий вміст біологічно активних речовин і низька вартість борошна з пивної дробини та порошку з макухи виноградних кісточок робить їх привабливою додатковою сировиною для використання у виробництві борошняних кондитерських виробів, у тому числі здобного печива оздоровчого призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виноградні порошки багаті харчовими волокнами (целюлозою, геміцелюлозами, пектиновими речовинами, лігніном), поліфенолами (антоціанами, лейкоантоціанами, катехинами, флавонолами тощо), макро- і мікроелементами (калієм, кальцієм, магнієм, фосфором, залізом, цинком, кремнієм, міддю), вітамінами (РР, С, холіном) [2]. Їх додавання в різні харчові продукти, наприклад, макаронні вироби [3], борошняні та цукрові кондитерські вироби [4; 5], хліб [6], дає можливість збагатити традиційну продукцію життєво важливими компонентами, надати їй оздоровчі властивості, а також підвищити якість.

У здобне печиво рекомендується додавати мелене насіння винограду (7... 9 % до маси борошна), екстракт з виноградних кісточок, кріопорошки з виноградних вичавків (до 5 % до маси борошна) [7; 8]. Але запропоновані способи виробництва здобного печива мають деякі недоліки, що заважає їх реалізувати у промислових масштабах. Так, розмір часток меленого насіння винограду недостатньо дрібний, і вони відчуваються у структурі печива твердими вclusions, екстракт з виноградних кісточок бідніший за хімічним складом ніж порошок, оскільки містить тільки ті речовини, які екстрагували з кісточок. Крім того, ці добавки рекомендується додавати у печиво в невеликих кількостях, що не дозволяє істотно збагатити борошняну продукцію біологічно активними речовинами. Кріопорошки одержують за допомогою рідкого азоту, і в промислових обсягах їх не виробляють.

До складу борошна з пивної дробини входить до 20 % білка, 4,0...5,5 % жиру, що багатий на поліненасичені жирні кислоти (62 % всіх жирів), близько 20 % клітковини, значна кількість мінеральних речовин (кальцій, фосфор, залізо) та вітамінів (Е, групи В) [9].

Додавання борошна з пивної дробини до борошняної продукції (житнього пшеничного хліба та хлібобулочних виробів [10], пряників, кексів [11]) сприяє не тільки її збагаченню біологічно цінним білком та іншими корисними речовинами, а й дозволяє уповільнити черствіння.

Вищезазначене свідчить про перспективність використання порошку з макухи виноградних кісточок та борошна з пивної дробини для збагачення здобного печива фізіологічно функціональними речовинами.

Мета статті — обґрунтування доцільності використання вторинних продуктів виноградного та пивоварного виробництва, таких як порошок з макухи виноградних кісточок та борошно з пивної дробини, в технології здобного печива. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: визначити вплив обраних добавок на показники якості здобного печива; обґрунтувати раціональні дозування порошку з макухи виноградних кісточок та борошна з пивної дробини у технології здобного печива.

Виклад основного матеріалу дослідження. При вивченні впливу порошку з макухи виноградних кісточок (ПМВК) та борошна з пивної дробини (БПД) на якість здобного печива за основу була прийнята традиційна технологія, яка передбачає такі основні стадії: підготовку сировини, приготування яєчно-цукрово-масляної емульсії, замішування тіста, формування, випікання та охолодження випечених виробів. Добавки вводили на стадії утворення емульсії. Вони характеризуються хорошими технологічними властивостями: дрібнодисперсні, легко розподіляються між компонентами яєчно-цукрово-масляної емульсії, не утворюють грудочок. З точки зору харчової та біологічної цінності здобного печива дозування виноградного порошку та борошна з пивної дробини має бути максимально можливим. Тому їх додавали в кількості 10,0...20,0 % від маси борошна. Якість випеченого здобного печива з добавками оцінювали за показниками вологості, питомого об'єму, намочуваності та органолептичними характеристиками.

Якість печива значною мірою характеризується його здатністю поглинати вологу. При цьому важливим чинником є швидкість цього процесу. Тому одним із найважливіших показників якості печива, що регламентується ДСТУ, є його намочуваність (рис. 1).

Відмічено, що внесення борошна з пивної дробини (залежність 1) сприяє збільшенню здатності здобного печива до намочання. Зокрема, значення показника намочуваності у виробі з 20,0 % БПД становить 184 % проти 150 % у контролі. У разі додавання до печива ПМВК (залежність 2) його спроможність поглинати вологу дещо погіршується. На наш погляд, позитивний вплив БПД на намочуваність печива можна пояснити високим вмістом у ньому білків, які володіють гарною спроможністю до набрякання та утримання вологи. Відмічено, що за значенням показника намочуваності всі досліджувані зразки відповідають вимогам ДСТУ (не менше 110 %).

Однак тенденція до збільшення вологості більш виражена у зразках здобного печива з додаванням БПД, що також можна пояснити більшим вмістом у цій добавці білків та особливістю інших її біополімерів — до складу БПД входить близько 20 % клітковини та майже 5 % крохмалю. За значенням вологості всі досліджувані зразки також відповідають вимогам ДСТУ.

Використання досліджуваних добавок сприяє зростанню вологості здобного печива (рис. 2).

Важливим фізико-хімічним показником якості, яким характеризується консистенція здобного печива, є його питомий об'єм (рис. 3).

Відмічається, що використання зазначених добавок сприяє зменшенню питомого об'єму здобного печива з 1,78 см³/г у контрольному зразку до 1,66 та 1,61 см³/г у зразках з додаванням 20,0 % ПМВК та БПД відповідно.

Під час визначення якості готових виробів, окрім фізико-хімічних властивостей, значну роль відіграють органолептичні показники.

Відзначено, що при збільшенні дозування борошна з пивної дробини до 20,0 % дещо погіршується шпаристість печива, воно має шорсткувату поверхню зі значною кількістю тріщин, колір стає сірим, плямистим, з'являється солодовий присмак та аромат. За умов до-

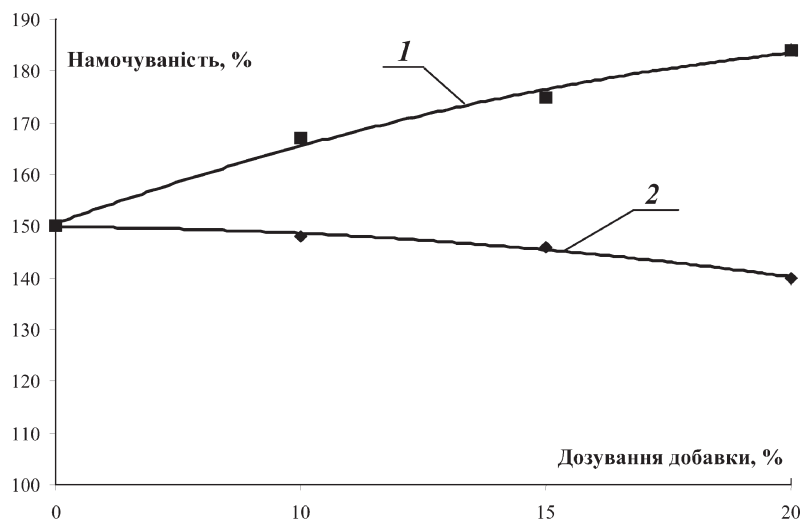


Рисунок 1 — Намочуваність здобного печива:
1 — з БПД; 2 — з ПМВК

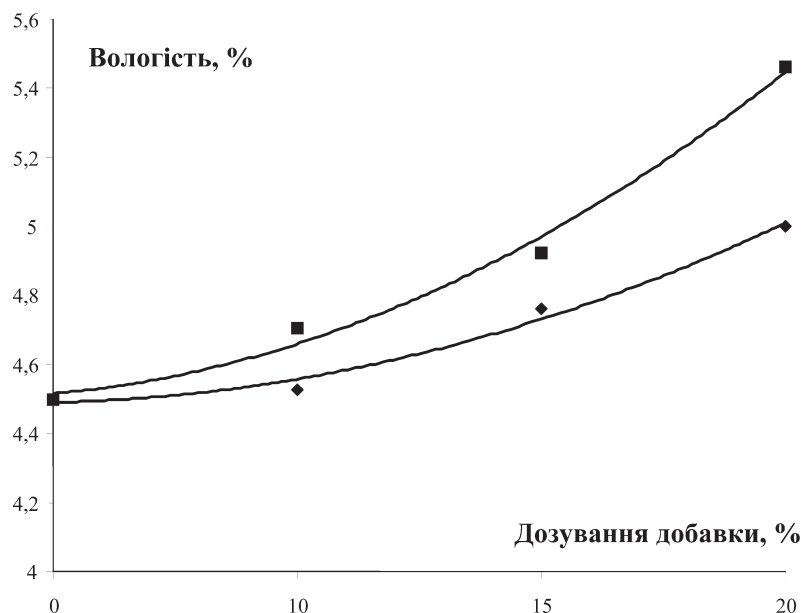


Рисунок 2 — Вологість здобного печива:
1 — з БПД; 2 — з ПМВК

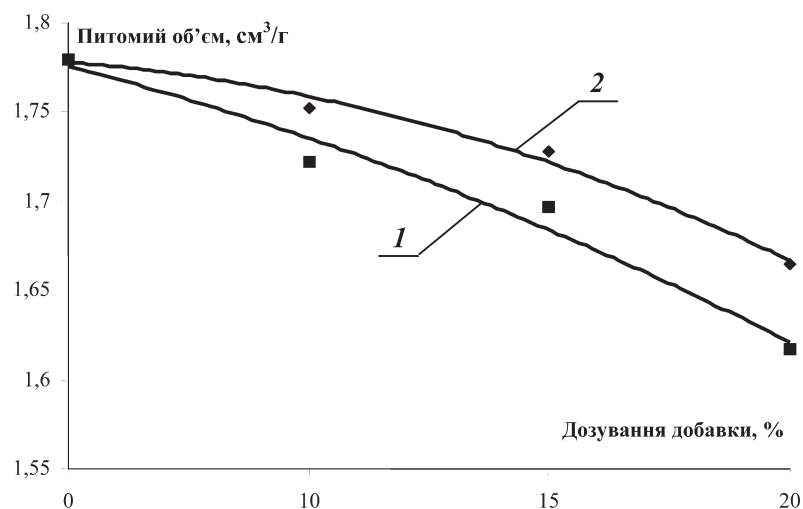


Рисунок 3 — Питомий об'єм здобного печива:
1 — з БПД; 2 — з ПМВК

зування БПД у кількості до 15,0 % добавка не має впливу на смак і аромат готових виробів. Додавання ПМВК в кількості до 15,0 % також майже не впливає на органолептичні характеристики здобного печива — воно має ніжну, розсипчасту консистенцію, набуває шоколадного кольору. У разі додавання 20,0 % ПМВК печиво стає твердуватим, злегка затягнутим.

Таким чином, рекомендоване дозування порошку з макухи виноградних кісточок або борошна з пивної дробини в технології здобного печива становить 15,0 % від маси борошна. Відзначено, що для такого печива характерний підвищений вміст корисних нутрієнтів (табл. 1).

Таблиця 1 — Вміст корисних нутрієнтів у печиві з БПД та у печиві з ПМВК
(n = 5, P ≤ 0,05)

Речовина	Вміст у печиві		
	Контроль	з БПД	з ПМВК
Білок, %	6,07	8,95	6,15
Клітковина, %	0,10	2,52	2,90
Мінеральні речовини, мг/100 г			
К	100,32	100,60	211,1
Ca	21,17	48,12	49,55
Mg	22,78	44,21	32,15
Na	22,32	59,42	33,78
P	72,53	127,55	79,86
Вітаміни, мг/100 г			
β-каротин	0,10	0,19	0,13
Вітамін Е	1,60	2,18	1,78
Холін (В ₄)	52,41	74,65	65,46

Відзначено, що у здобному печиві з БПД порівняно із традиційним зразком суттєво зростає вміст білку (1,5 рази), клітковини (у 25 разів), деяких мінеральних речовин та вітамінів. Зокрема, вміст кальцію порівняно з контролем підвищився у 2,3 раза, магнію — в 1,9 раза, натрію — в 2,7 раза, фосфору — в 1,8 раза. Також зростає вміст важливих для організму людини вітамінів — β-каротину (в 1,9 раза), вітаміну Е — на 36 %, вітаміну В₄ (холіну) — на 42 %.

У разі внесення до здобного печива ПМВК вміст білків змінюється несуттєво, але значно підвищується вміст клітковини (у 29 разів), мінеральних речовин (калію — у 2,1 раза, кальцію — у 2,3 раза, магнію — у 1,4 раза) та вітамінів (β-каротину — в 1,3 раза, вітаміну Е — на 11,3 %, холіну — на 24,9 %).

Висновки. Таким чином, доведена можливість використання в технології здобного печива вторинних продуктів виноробного або пивоварного виробництва, а саме порошку з макухи виноградних кісточок та борошна з пивної дробини, у кількості 15,0 % від маси борошна. Таке дозування добавок дозволить отримати здобне печиво не лише з гарними органолептичними та фізико-хімічними характеристиками, а й з підвищеним вмістом білків, харчових волокон, мінеральних речовин та вітамінів, що дозволить рекомендувати такі вироби для покращення харчових раціонів населення України.

У подальших дослідженнях за цим напрямком нами планується оцінити можливість використання порошку з макухи виноградних кісточок та борошна з пивної дробини в технології інших кондитерських виробів.

Список літератури/References

1. Кошова, В. М. Чисте довкілля — додатковий прибуток / В. М. Кошова, А. М. Куц, М. О. Лубяной // Харчова промисловість. — 2014. — № 15. — С. 72–77.

Koshova, V. M., Kuts, A. M., Lubyanyou M. O. (2014). *Chyste dovkilliya — dodatkovyy prybutok* [Clean Environment — Additional Income]. *Harchova promislovist* [Food Industry], no. 15, pp. 72–77.

2. Лисюк, Г. М. Нові напрями використання вторинних продуктів переробки винограду у виробництві борошняних виробів : монографія / Г. М. Лисюк, Н. В. Верешко, А. М. Чуйко. — Харків : ХДУХТ, 2011. — 175 с.

Lisyuk, G. M. Vereshko, N. V., Chuyko, A. M. (2011). *Novi napryamy vykorystannya vtorynnykh produktiv pererobky vynuogradu u vyrobnytstvi boroshnyanykh vyrobiv* [New trends in the use of secondary grape processing products in the production of flour products]. Kharkiv, HDUHT, 175 p.

3. Voltaire, S. A., Franciele Dalla, P. C., Marczaka, L. D., Tessaroa, I. C., Silveira Thys, R. C. (2014). The effect of the incorporation of grapemarc powder in fettuccini pasta properties, *LWT — Food Science and Technology*, no. 58, pp. 497–501.

4. Aksoylu, Z., Çağindi, Ö., Köse, E. (2015). Effects of Blueberry, Grape Seed Powder and Poppy Seed Incorporation on Physicochemical and Sensory Properties of Biscuit. *Journal of Food Quality*, no. 38, pp. 164–174.

5. Каліновська, Т. В. Використання вторинних продуктів переробки винограду під час розробки інноваційних технологій кондитерських виробів / Т. В. Каліновська, І. О. Крапивницька, В. І. Оболкіна, С. Г. Кияниця // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. — 2013. — № 30. — С. 75–80.

Kalinovska, T. V., Krapiwnytska, I. O., Obolkina, V. I., Kyianytsya, S. G. (2013). *Vykorystannya vtorynnykh produktiv pererobky vynuogradu pid chas rozrobky innovatsiynnykh tekhnolohiy kondyterskykh vyrobiv* [Use of secondary grape processing products while developing innovative confectionery products]. *Obladnannya ta tehnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv : temat.zb. nauk. pr. Donetskoho natsionalnoho universitetu ekonomiky i torghvli im. M. Tugan-Baranovskoho*, [Food production equipment and technologies. Thematic collection of scientific works of the Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky], no. 30, pp. 75–80.

6. Сидоренко, А. В. Технологические особенности приготовления хлебобулочных изделий, обогащенных порошком из кожицы виноградных выжимок / А. В. Сидоренко, О. Л. Вершинина, В. В. Деревенко, Д. В. Шаповалова // Известия вузов. Пищевая технология. — 2011. — № 4. — С. 26–28.

Sidorenko, A. V., Vershinina, O. L., Derevenko, V. V., Shapovalova, D. V. (2011). *Tehnologicheskie osobennosti prigotovleniya hlebobulochnykh izdeliy, obogaschennykh poroshkom iz kozhitysi vynuogradnih vyizhimok* [Technological features of the preparation of bakery products enriched with powder from the skin of grape pomace]. *Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya* [News of high schools. Food technology], no. 4, pp. 26–28.

7. Чуйко, А. М. Дослідження якості виробів із дріжджового тіста і пісочного печива з використанням криопорошків із рослинної сировини / А. М. Чуйко, М. М. Чуйко, О. С. Орлова, С. О. Єрьоменко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2014. — Т. 2. — № 12 (68). — С. 133–137.

Chuyko, A. M., Chuyko, M. M., Orlova, O. S., Eryomenko, S. O. (2014). *Doslidzhennia yakosti vyrobiv iz drizhdzhovoho tista i pisochnoho pechyya z vykorystanniam krioporoshkiv iz roslynnoyi syrovyny* [Investigation of quality of products from yeast dough and sandwich using cryoparticles from plant raw materials]. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy* [East European Magazine of Advanced Technology], no. 12 (68), pp. 133–137.

8. Maner, S., Kumar, A., Sharma, K. B. (2015). Wheat Flour Replacement by Wine Grape Pomace Powder Positively Affects Physical, Functional and Sensory Properties of Cookies, *Proceedings of the National Academy of Sciences, India — Section B: Biological Sciences*.

9. Волотка, Ф. Б. Технологическая и химическая характеристика пивной дробины / Ф. Б. Волотка, В. Д. Богданов // Новое в пищевых технологиях. Вестник ТГЭУ. — 2013. — № 1. — С. 114–124.

Volotka, F. B., Bogdanov, V. D. (2013). *Tehnologicheskaia i himicheskaia harakteristika pivnoy drobyny* [Technological and chemical characteristics of beer pellet]. *Vestnik TGJeU* [Announcer of Pacific State Economic University], no. 1, pp. 114–124.

10. Доронина, А. С. Актуальные решения утилизации отходов пивоваренной промышленности / А. С. Доронина, М. А. Лиходумова, Л. С. Прохасько // Молодой ученый. — 2014. — № 9. — С. 133–135.

Doronina, A. S., Lihodumova, M. A., Prohasko, L. S. (2014). *Aktualnyie resheniia utilizatsii othodov pivovarennoy promyishlennosti* [Actual solutions for waste utilization of the brewing industry]. *Molodoy uchenyj* [Young Scientist], no. 9, pp. 133–135.

11. Хуснутдінова, Т. Б. Використання борошна з пивної дробини в технології кексів / Т. Б. Хуснутдінова, О. Г. Шидакова-Каменюка // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, 2 квітня 2015 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. — Харків : ХДУХТ, 2015. — Ч. 1. — С. 98.

Husnutdinova, T. B., Shidakova-Kamenjuka, O. G. (2015). *Vykorystannya boroshna z pyvnoyi drobyny v tekhnolohiyi keksiv* [The use of flour from beer pellets in the technology of cupcakes]. *Innovatsiyni tekhnolohiyi rozvytku u sferi kharchovykh vyrobnytstv, hotelno-restorannoho biznesu, ekonomiky ta pidpryyemnytstva: naukovi poshuky molodi : Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia molodykh uchenykh i studentiv*. Kharkiv, 2015, p. 98.

Цель. Цель статьи состоит в обосновании целесообразности использования вторичных продуктов винодельческого и пивоварного производства, таких как порошок из жмыха виноградных косточек и мука из пивной дробини, в технологии сдобного печенья.

Методы. В процессе исследований использованы стандартные органолептические и физико-химические методы оценки качества готового печенья. Способность печенья к намоканию определяли методом, основанным на установлении увеличения его массы после погружения в воду при температуре 20°C в течение определенного времени. Определение содержания полезных нутриентов было проведено с учетом справочных данных относительно химического состава рецептурных компонентов печенья и используемых добавок.

Результаты. Разработаны технологии сдобного печенья с добавлением порошка из жмыха виноградных косточек и муки из пивной дробини. Доказано позитивное влияние указанных добавок на качество печенья. Определено содержание полезных нутриентов в сдобном печенье с использованием добавок.

Ключевые слова: сдобное печенье, порошок, виноградные косточки, жмых, пивная дробина, намокаемость, влажность, удельный объем, полезные нутриенты.

Objective. The purpose of the article is to substantiate the feasibility of using secondary products of wineries and brewing industries, such as grape seed meal powder and beer pellet flour in the technology of baking cookies.

Methods. In the process of the research the standard organoleptic and physical-chemical methods to assess quality of cookies are used. The ability of cookies to soak was determined by a method based on the establishment of its mass increase after immersion to water at a temperature of 20°C at the predetermined time. Determination of the content of useful nutrients was carried out taking into account reference data on chemical composition of the prescription components of cookies and used additives.

Results. The technology of baking cookies with the addition of grape seed meal or flour from beer grit is developed. Positive influence of experimental additives on the quality of cookies is proved. The content of useful nutrients in cookies while adding supplements is determined.

Key words: cookies, powder, grape seeds, cake, beer pellet, wetting, humidity, specific volume, useful nutrients.

УДК 637.344:635.1

*Юдіна Т. І., д-р техн. наук, професор*¹
*Назаренко І. А., канд. техн. наук*²
*Клименко А. В.*²

¹ Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна, e-mail: Yudina2902@gmail.com

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

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗБЕРІГАННЯ МОЛОЧНО-РОСЛИННИХ ФАРШІВ НА ОСНОВІ КОНЦЕНТРАТУ ЗІ СКОЛОТИН

UDC 637.344:635.1

*Yudina T. I., Grand PhD in Engineering sciences,
Professor*¹
*Nazarenko I. A., PhD in Engineering sciences*²
*Klymenko A. V.*²

¹ Kyiv National University of Trade and Economics (Kyiv, Ukraine), e-mail: Yudina2902@gmail.com

² Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: Nazarenko@donnuet.edu.ua

FOUNDATIONS OF RATIONAL PARAMETERS IN STORAGE OF MILK-VEGETABLE MINCES WITH BUTTER-MILK CONCENTRATE

Мета статті — визначити основні показники безпеки молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин, обґрунтувати раціональні параметри зберігання розроблених фаршів.

Методи. Органолептичну оцінку молочно-рослинних фаршів здійснювали шляхом проведення профільного аналізу та побудови відповідних профілограм. При дослідженні мікробіологічних показників молочно-рослинних фаршів керувалися Медико-біологічними вимогами і санітарними нормами якості продовольчої сировини і харчових продуктів, а також Інструкцією з організації і проведення мікробіологічних досліджень харчових продуктів і оцінки їх якості. Підготовка проб проводилася до ГОСТ 26669-85, відбір проб для мікробіологічного аналізу — відповідно з ГОСТ 26668-85. Культивування мікроорганізмів проводили за ГОСТ 26670-91, визначення дріжджів та пліснявих грибів — за ГОСТ 10444.12-75, визначення бактерій групи кишкової палички (БГКП) — за ГОСТ 9225-84.

Результати. Встановлено, що раціональними параметрами зберігання молочно-рослинних фаршів, за наявності яких усі технологічні властивості зберігаються на високому рівні, є температура 0...2 °С, відносна вологість повітря 80...85 %, тривалість зберігання — 24 год. Визначено, що за токсикологічними та радіологічними показниками розроблені молочно-рослинні фарші не перевищують встановлених гранично-припустимих концентрацій і відповідають вимогам нормативної документації.

Ключові слова: концентрат зі сколотин, параметри зберігання, показники безпеки, молочно-рослинні фарші.

Постановка проблеми. Безпечність харчових продуктів є одним з основних пріоритетів щодо охорони здоров'я людини і зобов'язує виробників вживати багатосекторальні заходи для гарантування безпеки харчових продуктів на місцевому, національному та міжнародному рівнях. Глобальна стратегія щодо безпеки харчових продуктів, прийнята країнами ЄС у січні 2002 року в рамках програми ВООЗ, передбачає визначення термінів і заходів, що необхідні для зменшення псування харчових продуктів, розробку систем стандартів, аналіз потенційних ризиків і контроль критичних точок виробництва тощо. Дотримання всіх вищезазначених вимог дозволить забезпечити стабільні органолептичні та мікробіологічні показники готової продукції [1; 2].

Надійшла до редакції 13.10.2017 р. © Т. І. Юдіна, І. А. Назаренко, А. В. Клименко, 2017

Особливості технології молочно-рослинних фаршів (МРФ) на основі концентрату зі сколотин, специфічність сировини, що використовується у складі, потребують детально-го дослідження показників безпеки готової продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Логічно послідовним процесом у розробці науково обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення якості продуктів харчування, удосконалення технічних вимог показниками якості, визначення оптимальних і допустимих термінів зберігання, оптимізації технологічних параметрів процесу підготовки їх до вживання є кваліметрична оцінка якості готової кулінарної продукції [3].

Дослідження в галузі створення нових та удосконалення існуючих технологій з метою отримання молочної продукції високої якості широко відображені у наукових працях багатьох вітчизняних вчених: Н. Ю. Алексеєвої, К. К. Горбатової, Г. В. Дейниченко, І. Г. Кручек, М. М. Ліпатова, Г. Є. Поліщук, В. А. Сукманова, В. П. Чагоровського, і низки зарубіжних дослідників: N. Datta, N. Deeth, R. Hayashi, Y. Kawamura, S. Kunugi, D. Knorr, D. M. Mussa, B. Rademacher та ін. Багато з них продовжують займатися цією проблемою і сьогодні, оскільки вона не втратила свою актуальність.

Мета статті — визначення основних показників безпеки молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним із показників безпеки молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин, що визначає їх нешкідливість для організму, є рівень вмісту гранично припустимих концентрацій (ГПК) солей важких металів. Порівняльна характеристика вмісту токсикологічних елементів та радіонуклідів у розроблених фаршах з нормативом надана в табл. 1.

Таблиця 1 — Вміст солей важких металів у молочно-рослинних фаршах, мг/кг (\bar{X} , $m \leq 0,05$)

Група солей важких металів	ГПК для молочних продуктів, мг/кг, не більше	Фарш молочно-морквяний	Фарш молочно-гарбузовий	Фарш молочно-кабачковий
Свинець	0,3	0,024	0,024	0,021
Миш'як	0,2	не виявлений	не виявлений	не виявлений
Кадмій	0,2	не виявлений	не виявлений	не виявлений
Ртуть	0,02	не виявлена	не виявлена	не виявлена
Мідь	4,0	0,97	1,16	0,95
Цинк	50,0	3,50	3,20	3,28

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що за токсикологічними показниками розроблені фарші не перевищують встановлених гранично припустимих концентрацій та відповідають вимогам нормативної документації.

Під час зберігання найбільш поширеними видами псування МРФ є мікробіологічні та хімічні фактори. Хімічне псування можуть викликати окислювальні процеси, а також небажані хімічні перетворення, що відбуваються під дією ферментів. При цьому зміни мають характер зниження харчової та біологічної цінності. Тому для виключення можливості хімічного псування у ході зберігання необхідно виключати каталітичну дію світла, кисню повітря та підвищеної температури [4].

Молочні продукти є сприятливим середовищем для розвитку різноманітних мікроорганізмів. У процесі зберігання у фаршах можуть розвиватися патогенні мікроорганізми роду *S.aureus*, що викликають харчові отруєння, бактерії груп *Salmonella*, *Cytrifactor*, *Enterofactor*, різноманітні види дріжджів, що надають продукту дріжджовий присмак, а також плісєневі гриби [5].

Для запобігання швидкого псування, а також з метою уповільнення росту мікроорганізмів молочно-рослинні фарші на основі МБК зі сколотин необхідно зберігати за низьких температур. З даних літератури відомо, що для охолодженого кислого сиру та напів-

фабрикатів з нього рекомендується температура зберігання 0...2°C за відносної вологості повітря 80...85 %. Ця температура гнітюче впливає на ріст вищевказаних мікроорганізмів і бактерій [6; 7].

Вивчення мікробіологічної безпеки розроблених фаршів поєднували з гігієнічним обґрунтуванням терміну їх зберігання. Дослідження проводили для фаршів після їх зберігання охолодженими (за температури 0...2°C і відносної вологості 80...85 %). Результати досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2 — Визначення динаміки зміни мікробіологічних показників МРФ при зберіганні

Показник	Вміст мікроорганізмів за тривалості зберігання, год.										ДСТУ 4554:2006; ДСТУ4458:2005
	0	8	16	24	32	40	48	56	72		
Фарш молочно-морквяний											
Бактерії групи кишкових паличок в 0,01 г продукту	не виявлено										Не допускаються
Патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонели, у 25 г продукту	не виявлено										Не допускаються
<i>S.aureus</i> в 0,01 г продукту	не виявлено										Не допускаються
Мікроскопічні гриби, КУО/г	7	50	10	12	15	18	22	25	29	50	
Дріжджі, КУО/г	6	100	12	16	16	20	24	30	36	100	
Фарш молочно-гарбузовий											
Бактерії групи кишкових паличок в 0,01 г продукту	не виявлено										Не допускаються
Патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонели, у 25 г продукту	не виявлено										Не допускаються
<i>S.aureus</i> в 0,01 г продукту	не виявлено										Не допускаються
Мікроскопічні гриби, КУО/г	5	6	8	12	16	18	22	24	28	50	
Дріжджі, КУО/г	8	10	12	14	16	20	24	28	32	100	
Фарш молочно-кабачковий											
Бактерії групи кишкових паличок в 0,01 г продукту	не виявлено										Не допускаються
Патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонели, у 25 г продукту	не виявлено										Не допускаються
<i>S.aureus</i> в 0,01 г продукту	не виявлено										Не допускаються
Мікроскопічні гриби, КУО/г	7	8	10	12	16	20	25	30	34	50	
Дріжджі, КУО/г	8	10	13	14	18	22	24	26	31	100	

Аналіз даних табл. 2 свідчить, що температура зберігання МРФ на основі концентрації зі сколотин впливає на розвиток мікрофлори. Так, за температури зберігання 0...2 °C і відносної вологості 80...85 % протягом 72 годин показники мікробного псування знаходяться в межах норми.

Для визначення раціональних термінів зберігання розроблених фаршів необхідно дослідити зміни органолептичних властивостей, що можуть погіршуватись у результаті активності ферментів різного походження.

Для визначення змін органолептичних показників молочно-рослинних фаршів при зберіганні було розроблено шкалу сенсорної оцінки, що наведена графічно у виді окремих дескрипторів на кругових органолептичних профілях, де величина кожної зі складових органолептичної оцінки відзначена за 50-бальною шкалою. Органолептичні показники фаршів, що зберігалися охолодженими, досліджували через кожен день їх зберігання.

Профілі органолептичної оцінки якості контролю та МРФ після їх зберігання протягом 24 і 48 годин наведено на рис. 1.

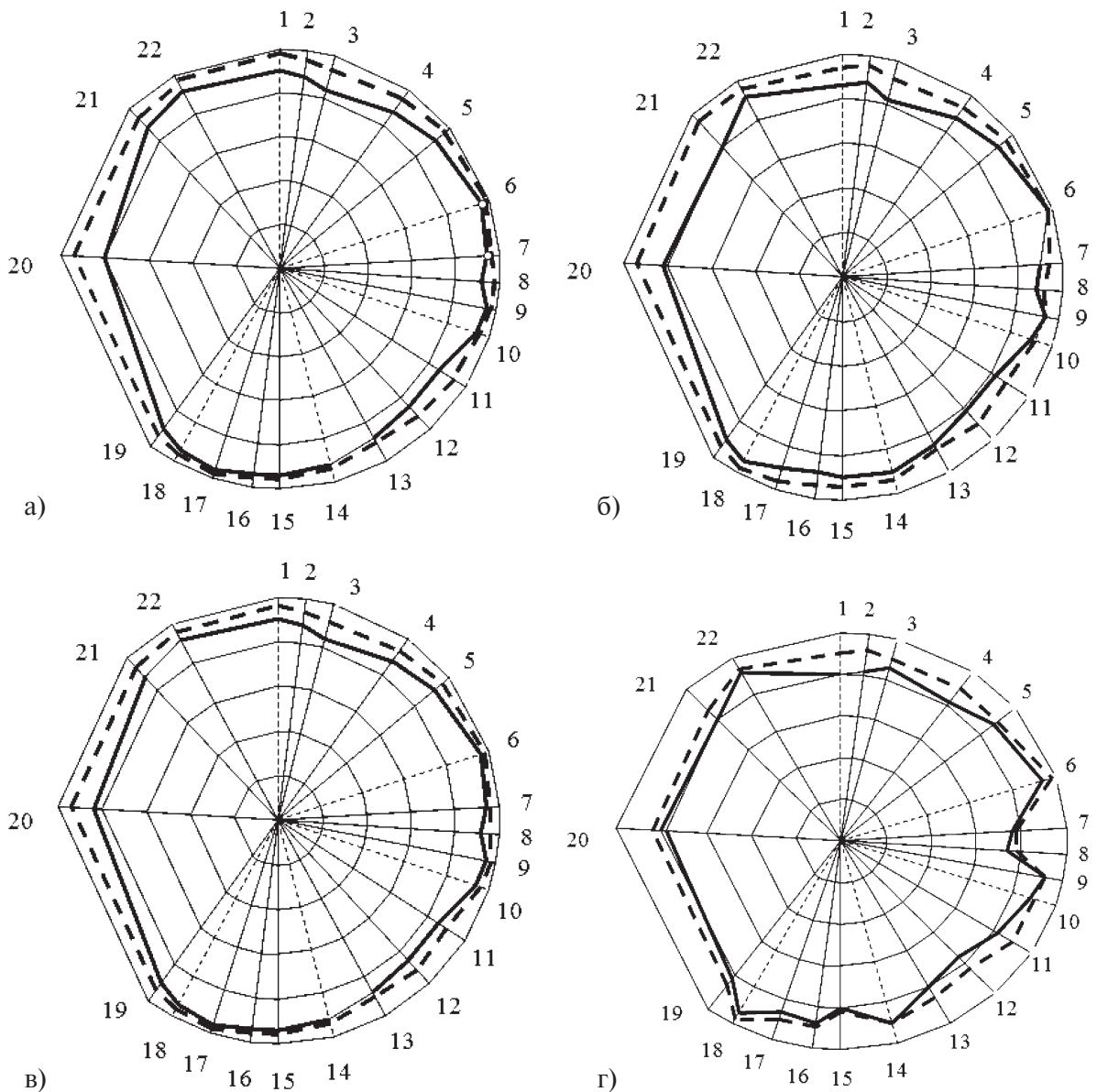


Рисунок 1 — Профілі органолептичної оцінки якості:

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| а) — молочно-морквяного фаршу; | в) — молочно-кабачкового фаршу; |
| б) — молочно-гарбузового фаршу; | г) — контроль. |
| ----- — після 24 годин зберігання; | ————— — після 48 годин зберігання. |

З виділенням відповідних дескрипторів:

зовнішній вигляд: 1 — гладкість поверхні; 2 — наявність блиску поверхні; 3 — відсутність випресованої вологи; 4 — відсутність завітрянних ділянок; 5 — відсутність грудочок; колір: 6 — однорідність; 7 — насиченість; 8 — натуральність; 9 — відповідність виду використаної сировини; смак: 10 — насиченість; 11 — чистота; 12 — натуральність; 13 — збалансованість; 14 — відповідність виду використаної сировини; запах: 15 — насиченість; 16 — чистота; 17 — натуральність; 18 — відповідність виду використаної сировини; консистенція: 19 — однорідність; 20 — пластичність; 21 — здатність мазитися; 22 — дрібнодисперсність.

Як свідчать результати дослідження (рис. 1), після 24 годин зберігання фаршів було відзначено погіршення смаку та зовнішнього вигляду, а саме: зменшилися чистота, натуральність та збалансованість смаку, відзначено незначну появу випресованої вологи. Після 48 годин з'явилися вади зовнішнього вигляду, а саме: знизилась гладкість поверхні

і блиск, було відзначено появу незначної кількості завітрянних ділянок, погіршення смаку та консистенції.

Оскільки уже після 48 годин зберігання фаршів проявляються значні погіршення органолептичних показників, то визначення змін органолептичних показників фаршів при подальшому їх зберіганні є недоцільним.

Таким чином, для дотримання мікробіологічної безпеки молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин з одночасним збереженням їх органолептичних показників обґрунтовано режими та терміни зберігання фаршів за температури 0...2°C і відносної вологості повітря 80...85 % не більше 24 годин.

Висновки. На підставі визначення основних показників безпеки молочно-рослинних фаршів обґрунтовано параметри їх зберігання. Встановлено, що оптимальними параметрами зберігання молочно-рослинних фаршів, за наявності яких усі технологічні властивості зберігаються на високому рівні, є температура 0...2°C, відносна вологість повітря 80...85 %, тривалість зберігання — 24 год. Визначено, що за токсикологічними та радіологічними показниками розроблені молочно-рослинні фарші не перевищують встановлених гранично допустимих концентрацій та відповідають вимогам нормативної документації

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є дослідження зміни активної та титрованої кислотності фаршів у процесі зберігання.

Список літератури/References

1. Брулевич, В. В. Безпечність харчових продуктів за законодавством України та Європейського Союзу / В. В. Брулевич // Судова апеляція. — 2016. — № 2 (43). — С. 75–83.
Brulevych, V. V. (2016). *Bezpechnist kharchovykh produktiv za zakonodavstvom Ukrainy ta Yevropeiskoho Soiuzu* [Food safety under the legislation of Ukraine and the European Union]. *Sudova apeliatziya* [Trial appeal], no. 2 (43), pp. 75–83.
2. Хімічева, Г. І. Аналіз сучасних принципів і підходів до оцінки якості та безпечності харчової продукції / Г. І. Хімічева, М. А. Зенкін, Т. М. Скалига // Вісник КНУТД. — 2015. — № 6 (92). — С. 156–163.
Himicheva, G. I., Zenkin, M. A., Skalyga, T. M. (2015). *Analiz suchasnykh pryntsyypiv i pidhodiv do otsinky yakosti ta bezpechnosti kharchovoi produktsii*. [Analysis of modern principles and approaches to assessing the quality and safety of food products], *Visnyk KNUTD* [KNUTD Bulletin], no. 6 (92), pp. 156–163.
3. Топольник, В. Г. Квалиметрия в ресторанном хозяйстве : монография / В. Г. Топольник, А. С. Ратушный ; Донецк. нац. ун-т экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. — Донецк, 2008. — 243 с.
Topolnyk, V. G., Ratushnyi, A. S. (2008). *Kvalimetriia v restorannom hoziiajstve* [Qualification in a restaurant]. Donetsk, 243 p.
4. Леонтьев, В. Н. Порча пищевых продуктов: виды, причины и способы предотвращения / В. Н. Леонтьев, Х. М. Элькаиб, А. Э. Эльхедми // Труды БГУ. — 2013. — Том 8. — Часть 1. — С. 125–130.
Leontev, V. N., Elhaib, H. M., Elhedmi, A. E. (2013). *Porcha pishchevykh produktov: vidy, prichiny i sposoby predotvrashcheniia* [Distortion of food: types, causes and methods of prevention] *Trudy BGU* [Proceedings of BSU], vol. 8, no. 1, pp. 125–130.
5. Cannavan A. Analytical methodology for food safety and traceability in developing countries / A. Cannavan, B. M. Maestroni // *Agro Food Industry Hi-Tech*, supplement, Focus on Food Analysis. — 2010. — pp. 9–12.
6. Грек О. В. Технологічні прийоми збереження маси молочно-білкових сумішей з продуктами переробки зернових / О. В. Грек, А. В. Тимчук // Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. — 2012. — Вип. 131. — С. 302–307.
Grek, O. V., Timchuk, A. V. (2012). *Tekhnolohichni priiomy zberezheniia masy molochno-bilkovykh sumishei z produktamy pererobky zernovykh* [Technological methods of preserving

the mass of milk and protein mixtures with cereal processing products]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu silskoho hospodarstva im. Petra Vasylenka* [Bulletin of Kharkiv National University of Agriculture named after Petr Vasilenko], vol. 131, pp. 302–307.

7. Фридерберг, Г. В. Холодильная технология сохранит качество творога / Г. В. Фридерберг, Ю. П. Пальмин // Переработка молока. — 2008. — № 2. — С. 14–16.

Friderberg, G. V., Palmin, Yu. P. (2008). *Holodilnaia tekhnologiia sokhranit kachestvo tvoroga* [Refrigeration technology to preserve the quality of cottage cheese]. *Pererabotka moloka* [Processing of milk], no. 2, pp. 14–16.

Цель статьи — определить основные показатели безопасности молочно-растительных фаршей на основе концентрата из пахты, обосновать рациональные параметры хранения разработанных фаршей.

Методы. Органолептическую оценку молочно-растительных фаршей осуществляли путем проведения профильного анализа и построения соответствующих профилограмм. При исследовании микробиологических показателей молочно-растительных фаршей руководствовались Медико-биологическими требованиями и санитарными нормами качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, а также Инструкцией по организации и проведению микробиологических исследований пищевых продуктов и оценки их качества. Подготовка проб проводилась по ГОСТ 26669-85, отбор проб для микробиологического анализа — в соответствии с ГОСТ 26668-85. Культивирование микроорганизмов проводили по ГОСТ 26670-91, определение дрожжей и плесневых грибов — по ГОСТ 10444.12-75, определение бактерий группы кишечной палочки (БГКП) — по ГОСТ 9225-84.

Результаты. Установлено, что оптимальными параметрами хранения молочно-растительных фаршей, при наличии которых все технологические свойства сохраняются на высоком уровне, являются температура 0...2°C, относительная влажность воздуха 80...85 %, срок хранения — 24 часа. Определено, что по токсикологическим и радиологическим показателям разработанные молочно-растительные фарши не превышают установленных предельно допустимых концентраций и соответствуют требованиям нормативной документации.

Ключевые слова: концентрат из пахты, параметры хранения, показатели безопасности, молочно-растительные фарши.

Objective. The purpose of the article is to determine the basic indicators of milk-vegetable minces safety with butter-milk concentrate and to substantiate the rational parameters of milk-vegetable minces storage.

Methods. Organoleptic evaluation of milk-vegetable minces was carried out by conducting profile analysis and constructing the appropriate profilograph. The study of microbiological indicators of milk-vegetable minces was guided by the medical-biological requirements and Sanitary norms of raw materials food and food products quality, as well as the Instruction on the organization and conduction of microbiological studies of food products and assess their quality. Preparation of samples was carried out according to GOST 26669-85, sampling for microbiological analysis — in accordance with GOST 26668-85. Cultivation of microorganisms was carried out in accordance with GOST 26670-91, definition of yeast and mold fungi — according to GOST 10444.12-75, determination of bacteria of the *E.coli* group (BGKP) — according to GOST 9225-84.

Results. It is established that the rational parameters of milk-vegetable minces storage, in the presence of which all technological properties are kept at a high level, is a temperature of 0...2°C, a relative humidity of 80...85 %, a storage time of 24 hours. It has been determined that milk-vegetable minces products developed according to toxicological and radiological parameters do not exceed the established maximum allowable concentrations and meet the requirements of normative documentation.

Key words: butter-milk concentrate, storage parameters, safety indicators, milk-vegetable minces.

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 664.5:664.87

Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент¹
Попова С. Ю., канд. техн. наук, доцент¹
Клименко А. В.¹

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ СОУСІВ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН

UDC 664.5:664.87

*Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*
*Popova S. Yu., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*
Klymenko A. V.¹

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: Slashcheva@donnuet.edu.ua

THE STUDY OF QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF SAUCES WITH A HIGH CONTENT OF PECTIN

Мета статті — визначити основні показники якості та безпеки соусів на основі напівфабрикату з пюре гарбуза та плодів обліпихи з підвищеним вмістом пектину.

Методи. Відбір проб проводився згідно з вимогами 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; вміст поліфенольних речовин — методом Фоліна-Чокольтеу; мінеральний склад — атомно-абсорбційним методом з використанням хроматографа Z-8000 (Хітачі, Японія). 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. Встановлено, що за мікробіологічними і токсикологічними та радіологічними показниками розроблені соуси не перевищують встановлених гранично допустимих концентрацій і відповідають вимогам стандартів. Розроблені соуси мають низку переваг у порівнянні із контролем (соусом яблучним) за фізико-хімічними показниками: вміст золи вищий у 4,3–4,4 рази (за рахунок підвищеного вмісту калію, кальцію, магнію та фосфору), вміст каротиноїдів — у 1,9–4,6 рази, L-аскорбінової кислоти — у 13,1 рази (соус десертний) та у 4,5 рази (соус пряний).

Ключові слова: напівфабрикат з гарбуза та обліпихи, підвищений вміст пектину, соуси, показники безпеки, показники якості.

Постановка проблеми. Одним зі шляхів вирішення проблеми адекватного харчування є створення принципово нової продукції, призначеної для щоденного вживання. Серед

Надійшла до редакції 17.10.2017 р. © А. В. Слащева, С. Ю. Попова, А. В. Клименко, 2017

таких продуктів харчування в особливу групу слід виокремити соуси, які призначені для надання стравам привабливого зовнішнього вигляду та здатні збагатити основну страву мінеральними речовинами, вітамінами і харчовими волокнами, у тому числі пектиновими речовинами [1].

Для отримання соусів з високим вмістом біологічно активних речовин в нашій країні та за кордоном використовують різноманітну сировину, але особливу цінність в цьому відношенні являють рослини із підвищеним вмістом пектинових речовин [2; 3]. Незважаючи на всі позитивні моменти від вживання пектинових речовин актуальною проблемою є їх нестача у раціонах харчування, що пов'язано зі зниженням вживання овочів, плодів та ягід у натуральному виді та продуктів їх переробки [4]. Одними зі шляхів вирішення цієї проблеми є додавання препаратів пектину в ході технологічного процесу в продукти харчування (наприклад, при виробництві хлібобулочних та кондитерських виробів, молочних продуктів тощо) або розробка готових до вживання продуктів із підвищеним вмістом пектинів [5].

Одним із перспективних продуктів переробки плодів, що можуть виступати в якості компонентів соусів, є пастоподібні напівфабрикати з підвищеним вмістом низькоетерифікованих пектинів [6]. Найсучаснішим способом підвищення виходу пектинів є обробка пектиновмісної сировини ферментними препаратами [7].

У зв'язку з вищезазначеним розробка технології соусів з підвищеним вмістом низькоетерифікованих пектинів та високими органолептичними характеристиками є актуальною. Це дозволить суттєво збагатити раціон людини біологічно активними речовинами, харчовими волокнами, поліпшити органолептичні показники страв і якісний склад їжі в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел виявив, що на сучасному етапі розвитку харчових технологій високоетерифіковані пектини використовуються здебільшого як харчова добавка, тобто для досягнення певних технологічних цілей, де найбільше значення мають саме здатності драглеутворення, емульгування та стабілізування. Однак, з фізіологічно функціональної точки зору, однією з найважливіших властивостей пектинових речовин є їхня здатність комплексоутворення, яка заснована на взаємодії емокуронової кислоти (похідної пектину) з іонами важких та радіоактивних металів [9]. Ця властивість дає підставу рекомендувати пектин для введення в раціон харчування осіб, що перебувають в середовищі, забрудненому радіонуклідами та металевими ксенобіотиками. Сучасні продукти харчування є також фактором контамінації до організму людини таких ксенобіотиків, як пестициди, діоксини, нітрати, гормональні препарати, антибіотики тощо, які потребують зв'язування та виведення з організму. Встановлено, що найбільшою здатністю комплексоутворення володіють низькоетерифіковані пектини, використання яких як харчових добавок обмежене у зв'язку з їх невисокою здатністю драглеутворення, тому джерелом їх у харчуванні виступають свіжі рослинні продукти (овочі та фрукти) або продукти на їх основі [10].

Аналіз технології і складу традиційних соусів показав, що продукти відповідають вимогам нормативної документації за якісними показниками, при цьому увага на біологічній цінності не акцентується. Її значно знижує проведення термічної обробки, під час якої відбувається руйнування лабільних біологічно активних речовин сировини. Слід відзначити, що асортимент таких соусів носить обмежений характер, тому науковці пропонують нові види фруктових соусів та технології їх реалізації, при цьому вирішуються завдання створення принципово нових продуктів профілактичного призначення, з прогнозованими властивостями, а також розширення їх асортименту.

Серед пріоритетних завдань, які ставлять перед собою науковці, слід виокремити розробку нових технологій, що передбачають: використання помірних режимів обробки сировини для максимального збереження її нативних властивостей; купажування різноманітної сировини, якій притаманні специфічні властивості з метою їх взаємодоповнення та отримання продуктів з новими якісними показниками, що принципово відрізняються від існуючих; введення до складу соусів інгредієнтів, які зумовлюють задані властивості готового продукту; заміну компонентів на більш цінні у харчовому відношенні.

Однак привертає увагу той факт, що український ринок здебільшого пропонує продукцію закордонного виробництва з тривалим терміном зберігання, що забезпечується внесеними штучними консервантами та проведенням теплової стерилізації і негативно впливає на збереження БАР. Поряд з тим соуси вітчизняного виробництва майже відсутні, завдяки чому виникає необхідність продовжувати пошук технологій та розробляти рецептури нових видів соусів, які б відповідали сучасним вимогам якості та безпечності.

Нами запропоновано технологію ресурсозбереження напівфабрикату на основі пюре гарбуза та плодів обліпихи, дозволяє отримати продукт з підвищеним вмістом низькоетерифікованих пектинів. Розроблений напівфабрикат рекомендовано для використання в технологіях соусів та топінгів для кондитерських виробів, десертів (соус десертний), а також деяких м'ясних та рибних страв (соус пряний) [11].

Специфіка сировини та технології напівфабрикату на основі пюре гарбуза та плодів обліпихи з підвищеним вмістом пектину потребують детального дослідження показників безпеки готових соусів на його основі, оскільки безпечність харчових продуктів є одним із основних пріоритетів при розробці нових харчових продуктів.

Мета статті — визначення основних показників якості та безпеки соусів на основі напівфабрикату із пюре гарбуза та плодів обліпихи з підвищеним вмістом пектину.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження якісних показників продукції проводили інструментальними методами.

Для отримання об'єктивних даних щодо цінності розроблених соусів було проведено фізико-хімічні дослідження, результати яких наведені у табл. 1. Встановлено (табл. 1), що отримані соуси характеризуються високим вмістом сухих розчинних речовин, які знаходяться в легкій для засвоювання формі.

Сухі речовини в соусах наведені, переважно, пектинами і моно- та дисахаридами. Найнижчим вмістом простих цукрів характеризується соус «Золотинка» пряний.

Таблиця 1 — Фізико-хімічні показники якості соусів ($n = 3, \leq 0,05$)

Найменування продукту	Масова частка, %			рН	Зола, $10^{-3}\%$	Енергетична цінність, ккал/100 г
	сухі розчинні речовини	моно- та дисахариди	титровані кислоти			
Соус яблучний № 907	18,3	14,9	0,3	4,0	135,0	55,3
Соус «Золотинка» десертний	22,1	12,8	0,8	3,8	595,0	38,6
Соус «Золотинка» пряний	21,9	5,6	0,8	3,7	587,0	35,7

Вміст титрованих кислот, які приймають участь у формуванні аромату та смаку, в яблучному соусі нижчий, ніж у соусах «Золотинка» на 0,50...0,57 %, що робить їх більш цінними. Найвищий їх вміст виявлено у соусі «Золотинка» десертному. Наявність кислот зумовлена рецептурним складом соусів, які в натуральному виді характеризуються високою кислотністю.

Показник рН залежить від виду сировини, і для яблучного соусу знаходиться в межах 3,9...4,1, а для соусів «Золотинка» — 3,6...3,9, причому найвище значення рН для соусу десертного.

Вміст золи в яблучному соусі та соусах «Золотинка» значно відрізняється, в першому він коливається в межах $(132...138) \cdot 10^{-3}\%$, а в соусах «Золотинка» — $(582...600) \cdot 10^{-3}\%$, що свідчить про збагачення мінерального складу соусів.

Енергетична цінність яблучного соусу 55,3 ккал, соусів «Золотинка» десертного іпряного відповідно 38,6 та 35,7 ккал, що більше в 1,4 та 1,6 раза, але це зумовлено високим вмістом цукру в яблучному соусі.

Окрім фізико-хімічних показників соусів, важливим є питання їх біологічної цінності. Результати визначення вмісту фенольних сполук, каротиноїдів та аскорбінової кислоти наведені в табл. 2.

Таблиця 2 — Вміст фенольних сполук, каротиноїдів та L-аскорбінової кислоти (n = 3, ≤ 0,05)

Найменування продукту	Вміст фенольних сполук, 10 ⁻³ %			Каротиноїди, 10 ⁻³ %	L-аскорбінова кислота, 10 ⁻³ %
	оксикоричні кислоти та їх похідні	флавоноли та їх похідні	антоціани		
Соус яблучний № 907	5,62	3,13	Не виявлено	8,75	3,52
Соус «Золотинка» десертний	2,34	2,05	36,12	40,51	46,18
Соус «Золотинка» пряний	1,45	1,74	13,25	16,44	15,63

Загальна кількість каротиноїдів в соусах «Золотинка» (табл. 2) перевищує їх вміст у соусі яблучному в 1,9...4,6 раза за рахунок β-каротинів, лютеїну і зеаксантину гарбуза та обліпихи.

Аналізуючи вміст фенольних сполук у соусах за фракціями, визначено, що яблучний соус багатий на оксикоричні кислоти та флавоноли, вміст яких вищий порівняно із соусами «Золотинка» у 2,4...3,9 та 1,5...1,8 раза відповідно. Вміст L-аскорбінової кислоти у соусі з яблук найнижчий, у соусах «Золотинка» десертний він переважає у 13,1 раза, пряний — у 4,5 рази.

Отримані соуси проаналізували за мінеральним складом, який наведено в табл. 3.

Таблиця 3 — Мінеральний склад соусів (n = 3, ≤ 0,05)

Найменування продукту	Вміст мінеральних речовин, 10 ⁻³ %				
	калій	кальцій	залізо	магній	фосфор
Соус яблучний № 907	63,43	5,05	0,54	2,03	4,79
Соус «Золотинка» десертний	327,47	19,60	0,80	27,84	27,45
Соус «Золотинка» пряний	286,46	50,05	1,16	27,15	28,38

Дослідження мінерального складу соусів (табл. 3) показали, що у соусах «Золотинка» порівняно з яблучним соусом вміст калію перевищує в 4,5...5,2 раза; кальцію — в 3,9...9,9 раза; заліза — в 1,5...2,2 раза; магнію — в 13,4...13,7 раза, фосфору — в 5,7...5,9 раза. Це свідчить про те, що соуси «Золотинка» є цінним джерелом мінеральних речовин.

Рівень безпеки соусів характеризують їх мікробіологічні та токсикологічні показники (табл. 4, 5).

Таблиця 4 — Мікробіологічні показники солодких соусів (n = 3, ≤ 0,05)

Показник	Припустимий рівень	Фактичне значення	
		соус «Золотинка» десертний	соус «Золотинка» пряний
Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1,0 г, не більше	5,0×10 ³	1×10 ³	1×10 ³
БГКП (колі-форми) в 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	1,0	1,0

Проведеними дослідженнями доведено (табл. 4), що у виготовлених соусах «Золотинка» бактерії групи кишкової палички, молочнокислі мікроорганізми, дріжджі в дм^3 та 1,0 г не виявлені; кількість МАФАНМ в 1 г становить 1×10^3 КУО, пліснявих грибків у 1 г КУО не перевищує встановлених норм.

До показників, що нормуються у соусах, відносять токсикологічні елементи, які наведені в табл. 5.

Таблиця 5 — Результати токсикологічних досліджень солодких соусів ($n = 3, \leq 0,05$)

Показник	Одиниця вимірювання	Гранично припустимі рівні, мг/кг, не більше ніж	Фактичне значення, мг/кг	
			соус «Золотинка» десертний	соус «Золотинка» пряний
Свинець	мг/кг	0,4	$0,15 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$
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	$1,26 \pm 0,02$	$1,09 \pm 0,02$
Цинк	мг/кг	10,0	$0,53 \pm 0,01$	$0,49 \pm 0,01$

Результати досліджень токсикологічних показників доводять, що соуси, виготовлені за розробленими рецептурами, відповідають вимогам стандартів.

Таким чином, за результатами фізико-хімічних, мікробіологічних і токсикологічних досліджень встановлено, що соуси відповідають вимогам якості та безпечності. Отримані результати будуть використані при розробці технічних умов для нових соусів.

Висновки. На підставі проведеного дослідження визначено основні показники безпеки соусів «Золотинка» десертного і пряного на основі напівфабрикату з підвищеним вмістом пектину з гарбуза та обліпихи. Визначено, що за мікробіологічними і токсикологічними та радіологічними показниками розроблені соуси не перевищують встановлених гранично припустимих концентрацій і відповідають вимогам стандартів. Фізико-хімічні показники та показники біологічної цінності свідчать, що розроблені соуси мають низку переваг порівняно із контролем (соусом яблучним): вміст золи вищий у 4,3–4,4 раза (за рахунок підвищеного вмісту калію, кальцію, магнію та фосфору), вміст каротиноїдів — у 1,9–4,6 раза, L-аскорбінової кислоти — у 13,1 раза (соус десертний) та у 4,5 рази (соус пряний).

Перспективами подальших досліджень у вказаному напрямку є дослідження зміни показників якості і безпеки розроблених соусів у процесі зберігання та обґрунтування параметрів їх зберігання.

Список літератури/References

1. Балацька, Н. Ю. Маркетингові дослідження на ринку солодких соусів / Н. Ю. Балацька // Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. — Х. : ХДУХТ, 2008. — Вип. 2 (8). — Ч. 1 — С. 282–286. Balatska, N. Yu. (2008). *Marketynhovi doslidzhennya na rynku solodkykh sousiv* [Marketing research on the market of sweet sauces]. *Ekonomichna stratehiia i perspektivi rozvytku sferi torgivli ta poslug* [Economic strategy and prospects for the development of trade and services], us. 2 (8), pp. 282–286.
2. Ptichkina, N. M., Markina, O. A., Rumyantseva G. N. (2008). Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food hydrocolloids*, no. 22, P. 192–195.
3. Хомич, Г. П. Наукові основи технології переробки фруктово-ягідної дикорослої сировини : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13 / Хомич Галина Панасівна. — Одеса, 2012. — 366 с. Homich, G. P. (2012). *Naukovi osnovy tehnolohii pererobky fruktovo-yagidnoyi dikorosloyi sirovini* [Scientific bases of technology of processing of fruit and berries wild-growing raw materials]. Odessa, 366 p.
4. Голубев, В. Н. Технология овощефруктовых паст с активированным пектином / В. Н. Голубев, О. А. Ильина // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2012. — № 10. — С. 32–33.

Golubev, V. N. & Ilina, O. A. (2012). *Tehnologiya ovoschefruktovykh past s aktivirovannym 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.

5. Джамалдинова, Б. А. Получение и применение полуфабрикатов дикорастущих плодов для обогащения кондитерских изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Джамалдинова Бирлант Абдулаевна. — Воронеж, 2007. — 188 с.

Dzhamaldinova, B. A. (2007). *Poluchenie i primenenie polufabrikatov dikorastuschih plodov dlya obogascheniya konditerskih izdeliy* [The receipt and use of semi-wild fruits for enrichment of confectionery products]. Voronezh, 188 p.

6. Пилипенко, И. В. Разработка технологии плодовых соков с повышенной сохраняемостью биологически активных веществ : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.13 / Пилипенко Инна Васильевна. — Одеса, 2008. — 281 с.

Pilipenko, I. V. (2008). *Razrabotka tehnologii plodovikh sokov s povuyhennoy sohraniaemosti biologicheskii aktivnykh veschestv* [Development of technology for fruit juices with high persistence of biologically active substances]. Odessa, 281 p.

7. Козлова, Н. А. Совершенствование промышленной технологии плодоовощных пюре и соков с применением ферментных препаратов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Козлова Нина Александровна. — Москва, 2006. — 154 с.

Kozlova, N. A. (2006). *Sovershenstvovanie promyshlennoy tehnologii plodoovoschnykh piure i sokov s primeneniem fermentnykh preparatov* [The improvement of industrial technology of fruit and vegetable puree and juices with the use of enzyme preparations]. Moscow, 2006.

8. Хомич, Г. П. Використання дикорослої сировини для забезпечення якості харчових продуктів біологічно активними речовинами : монографія / Г. П. Хомич, Н. І. Ткач. — Полтава : РВВ ПУСКУ, 2009. — 159 с.

Khomich, G. P. & Tkach N. I. (2009). *Vykorystannia dykorosloi syrovyny dlia zabezpechennia yakosti kharchovykh produktiv biolohichno aktyvnymy rehovynamy* [Use wild raw materials to ensure the quality of food biologically active substances]. Poltava, Poltava University of the Cooperative Society of Ukraine Publ., 159 p.

9. Шевченко, О. В. Технологія солодких страв і соусів із вітапектином та фітосорбентом : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Шевченко Оксана Вікторівна. — Київ, 2012. — 192 с.

Shevchenko, O. V. (2012). *Tehnolohiia solodkykh strav i sousiv iz vitapektinom ta fitosorbentom* [Technology sweet dishes and sauces with vitapectin and phytosorbent]. Kyiv, 192 p.

10. Малюк, Л. П. Дослідження радіопротекторних властивостей розроблених соусів з малини та бузини / Л. П. Малюк, О. Ю. Давидова, Н. Ю. Балацька // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. / Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. — Донецьк : ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2008. — Вип. 18. — Т. 1. — С. 302–308.

Malyuk, L. P., Davidova, O. Yu. & Balatska, N. Yu. (2008). *Doslidzhennia radioprotekturnykh vlastyvostey rozroblenykh sousiv z malyny ta buzyny* [Study of radioprotective properties of the developed sauces of raspberry and elderberry]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies. Thematic collection of scientific works of the Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky], no. 18 (1), pp. 302–308.

11. Гніцевич В. А. Обґрунтування можливості використання ферментних препаратів у технологіях рослинних напівфабрикатів з підвищеним вмістом пектинових речовин / В. А. Гніцевич, А. В. Слашчева, М. В. Івашченко // Науковий журнал «Вісник ДонНУЕТ». Серія: Технічні науки. — Донецьк : ДонНУЕТ, 2014. — № 1 (58). — С. 37–45.

Gnitsevich, V. A., Slashcheva, A. V. & Ivashchenko, M. V. (2014). *Obhruntuvannia mozhylyvosti vykorystannia fermentnykh preparativ u tekhnolohiakh roslynnykh napivfabrykativ z pidvyshchenym vmistom pektynovykh rehovyn* [The substantiation of possibility of application of enzymatic preparations in the technologies of vegetable raw materials with a high content of pectin substances]. *Visnik DonNUET. Seriya: Tehnichni nauki* [Bulletin DONNUET. Series: Engineering], no. 1 (58), pp. 37–45.

Цель статьи — определить основные показатели качества и безопасности соусов на основе полуфабриката из пюре тыквы и плодов облепихи с повышенным содержанием пектина.

Методы. Отбор проб проводился согласно требованиям ДСТУ ISO 874-2002, приготовление проб для лабораторных анализов — по ГОСТ 7040:2009. При исследовании физико-химических показателей определялись: содержание сухих веществ в сырье — по ДСТУ ISO 751-2004; массовая доля растворимых сухих веществ — рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173:2007; pH — по ГОСТ 6045:2008; массовая доля титрованных кислот (в пересчете на яблочную кислоту) — по ГОСТ 4957:2008; содержание аскорбиновой кислоты — по Б. П. Плешкову; содержание полифенольных веществ — методом Фолина-Чокольтеу; минеральный состав — атомно-абсорбционным методом с использованием хроматографа Z-8000 (Хитачи, Япония). Отбор проб для микробиологического анализа проводился по ГОСТ 26668-85, подготовка проб осуществлялась в соответствии с ГОСТ 26669-85, культивирование микроорганизмов — по ГОСТ 26670-91. Определение дрожжей и плесневых грибов проводилось по ГОСТ 10444.12-88, бактерий группы кишечных палочек — по ГОСТ 30518-97, молочнокислых микроорганизмов — по ГОСТ 10444.11-94. Определение токсичных элементов осуществлялось: кадмия — по ГОСТ ISO 6561:2004, свинца — по ГОСТ ISO 6633:2001, мышьяка — по ГОСТ ISO 6634:2004, цинка — по ГОСТ ISO 6636-2:2004, ртути — по ГОСТ ISO 6637:2001.

Результаты. Установлено, что по микробиологическим, токсикологическим и радиологическим показателям разработанные соусы не превышают установленных предельно-допустимых концентраций и соответствуют требованиям стандартов. Разработанные соусы имеют ряд преимуществ по сравнению с контролем (яблочным соусом) по физико-химическим показателям: содержание золы выше в 4,3–4,4 раза (за счет повышенного содержания калия, кальция, магния и фосфора), содержание каротиноидов — в 1,9–4,6 раза, L-аскорбиновой кислоты — в 13,1 раза (соус десертный) и в 4,5 раза (пряный соус).

Ключевые слова: полуфабрикат из тыквы и облепихи, повышенное содержание пектина, соусы, показатели безопасности, показатели качества.

Objective. To determine the main indicators of the quality and safety of sauces on the basis of prefabricated puree of pumpkin and sea-buckthorn fruits with a high content of pectin.

Methods. Sampling was conducted according to requirements of DSTU ISO 874-2002, the preparation of samples for laboratory tests according to DSTU 7040:2009. During the study the following physico-chemical parameters were determined: the content of dry substances in raw materia according to DSTU ISO 751-2004; the mass fraction of soluble solids by the refractometric method according to DSTU ISO 2173:2007; pH according to DSTU 6045:2008; the mass fraction of titrated acids (calculated as malic acid) according to DSTU 4957:2008; the content of ascorbic acid by Pleshkov method; the content of polyphenolic substances Folina-Chocalteuu method; mineral composition by atomic absorption method using a chromatograph Z-8000 (Hitachi, Japan). 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 according to GOST 10444.12-88, of bacteria of group of intestinal sticks according to GOST 30518-97, lactic acid microorganisms 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 has been established that according to microbiological, toxicological and radiological parameters, the developed sauces do not exceed the established maximum permissible concentrations and meet the requirements of standards. The developed sauces have a number of advantages in comparison with the control (Apple sauce) on physicochemical parameters: ash content above 4.3–4.4 times (due to the high content of potassium, calcium, magnesium and phosphorus), the content of carotenoids — 1.9–4.6-fold, L-ascorbic acid in 13.1 times (dessert sauce) and 4.5 times (a spicy sauce).

Key words: semifinished product from pumpkin and sea buckthorn, the high content of pectin, sauces, safety indicators, quality indicators.

УДК 664.644.5

Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент¹
Назаренко І. А., канд. техн. наук¹
Омельницька В. О.¹

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

ВПЛИВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ХЛІБОПЕКАРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

UDC 664.644.5

*Simakova O. O., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*
Nazarenko I. A., PhD in Engineering sciences¹
Omelnytska V. O.¹

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryviy Rig, Ukraine), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

IMPACT OF THE DRINKING WATER QUALITY ON THE BAKERIES PROPERTIES OF THE WHEAT FLOUR

Мета. Мета статті полягає у дослідженні впливу важких металів на хлібопекарні властивості пшеничного борошна.

Методи. У процесі дослідження використано методи визначення активності амілолітичних та протеолітичних ферментів сировини.

Результати. Доведено, що катіони важких металів згубно впливають на біологічну активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна, вони позбавляють клейковину еластичності, що може негативно відбитися на білковому каркасі тіста при його випіканні і, як наслідок, на якості готового виробу. Доказано, що вода, забруднена домішками важких металів, зокрема свинцю та нікелю, може спричинити погіршення газоутворювальної спроможності тістового напівфабрикату. Забруднення води, яку використовують для приготування тіста у процесах випікання хліба, особливо катіонами важких металів, які є інгібіторами більшості ферментів, відіграє дуже важливу роль в забезпеченні якості готового виробу, що потребує ретельного контролю її чистоти.

Ключові слова: пшеничне борошно, дріжджове тісто, протеолітичні ферменти, амілолітичні ферменти, важкі метали, катіони, вода, клейковина.

Постановка проблеми. Різні продукти з пшеничного борошна, зокрема вироби з дріжджового тіста, й особливо хліб, все ще складають основу харчування людини. Тому якість та харчова цінність хліба як продукту щоденного споживання має першорядне значення [1; 2]. Проблема харчової цінності хліба набуває особливої гостроти в ті періоди, коли з яких-небудь причин значно зменшується споживання харчових продуктів тваринного походження — яєць, молока, сиру, м'яса, тваринних жирів, та відносно зростає в діеті частка зернових продуктів, у першу чергу виробів з борошна. Зрозуміло, що в цих умовах більш одноманітного харчування проблема якості та харчової цінності хліба і можливих шляхів її підвищення стає особливо актуальною. Тому природно, що протягом багатьох років проводилися дослідження в цій галузі, які не припиняються й досі, тому що проблема не втрачає своєї актуальності й за сучасних умов [3–5]. Усі існуючі на сьогоднішній день методи підвищення харчової повноцінності хліба можна умовно розділити на дві великі групи: збагачення його комплексом цінних біологічно активних речовин та поліпшення споживчих якостей. У деяких випадках ці два шляхи збігаються, як то у випадку підвищення активності ферментного комплексу пшеничного борошна, в якому велика

Надійшла до редакції 24.10.2017 р.

© О. О. Сімакова, І. А. Назаренко,
В. О. Омельницька, 2017

роль належить амілолітичним та протеолітичним ферментам. Вони відповідають за накопичення у тісті вільних амінокислот та цукрів, формування хрусткої коричнювої скоринки і взагалі відіграють першорядну роль у забезпеченні якості готового виробу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що як амілолітичні, так і протеолітичні ферменти у різних субстратах дуже чутливі до самих незначних змін у навколишньому середовищі [6]. Особливий вплив на їх активність вчиняють різні хімічні речовини — деякі з них активують ферменти, а інші — інгібують, позбавляючи ферменти активності. Одними з найвідоміших інгібіторів більшості ферментів є катіони важких металів. Якщо вони потрапляють навіть у малих кількостях до рецептурної суміші при виготовленні тіста, це може привести до погіршення якості готового виробу. При складанні рецептур тіста для виготовлення різноманітних виробів із пшеничного борошна дуже мало уваги приділяють такому важливому рецептурному компоненту, як вода, яка здебільшого береться з міської водопровідної мережі. Але зараз відомо, що протягом останніх десятиліть спостерігається постійне погіршення якості води поверхневих водоймищ, річок і, як наслідок цього, погіршення якості питної води. Це обумовлено кількома причинами. Перш за все, спостерігається зростання споживання прісної води промисловими та сільськогосподарськими підприємствами, які після забруднення використаної води викидають її в поверхневі водоймища. Особливу небезпеку викликає при цьому постачання у водоймища катіонів важких металів, як необхідних компонентів стічних вод гальванощехів, серед яких неабияка кількість нікелю, цинку та ін. [7–10].

Минуло біля тридцяти років після величезної катастрофи, що тільки знало людство, яка привела до інтенсивного забруднення значної площі України. Поряд із радіоактивним дуже велику небезпеку становить забруднення навколишнього середовища важкими металами, одним із найтоксичніших серед яких є свинець. Підвищення вмісту свинцю в атмосфері України за ці роки пов'язано з тим, що саме цей метал намагалися використати на самому початку аварії на Чернобильській АЕС з метою екранування зруйнованого реактора. При цьому сотні тон свинцю випарилися й надійшли до атмосфери, а згодом — і до ґрунту.

Мета статті — дослідження впливу якості питної води на хлібопекарні властивості пшеничного борошна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами проведені експерименти з вивчення впливу важких металів на дію як амілолітичних, так і протеолітичних ферментів пшеничного борошна. В якості об'єктів дослідження обрані два метали — свинець та нікель у формі їх солей. Активність амілаз пшеничного борошна в присутності катіонів важких металів оцінювали за кількістю утвореної в реакційній суміші мальтози — продукту глибокого оцукрювання крохмалю борошна. Експериментальні дані наведені у табл. 1.

Проведений експеримент свідчить про те, що катіон свинцю, як це й відомо з літератури [1], є найбільш сильним інгібітором ферментів-амілаз — він майже зовсім припиняє їх діяльність. Катіон нікелю теж інгібує амілази, але менш активно. Напроти, катіон кальцію — відомий активатор ферментних систем — прискорює гідроліз крохмалю амілазами борошна. Ці дані дозволяють зробити висновок, що вода, забруднена домішками важких металів, зокрема свинцю та нікелю, може спричинити погіршення газоутворювальної спроможності тістового напівфабрикату.

Вплив катіонів важких металів на протеолітичну активність ферментів пшеничного борошна оцінювали за виходом сирової та сухої клейковини при замішуванні тіста, порівнюючи вихід клейковини з тіста, яке готувалося на дистильованій воді і на воді, що вміщувала 0,05 г/л катіонів свинцю або нікелю. Слід відмітити, що білковий комплекс клейковини тіста при замішуванні піддається дії ферментів-протеаз, що гідролізують біл-

Таблиця 1 — Амілолітична активність пшеничного борошна в присутності катіонів важких металів

Катіон металу	Вміст мальтози, %
Без металу (контроль)	3,9
Ca ²⁺	4,5
Pb ²⁺	1,4
Ni ²⁺	2,1

ки до вільних амінокислот, які збагачують тісто, надають азотисте харчування дріжджам та сприяють реакції Майяра, наслідком якої є утворення коричневої хрусткої скоринки готового хліба. Клейковину в експериментах відмивали з тіста після його відлежування протягом 1,5 години. Дані експерименту наведені у табл. 2.

Таблиця 2 — Вихід та якість клейковини при відмиванні її з тіста, виготовленого на воді з домішками катіонів свинцю та нікелю

Катіон металу	Вихід клейковини, %		Здатність до розтягування, см
	Сирої	Сухої	
Без металу (контроль)	33,0	10,2	6,8
Ca ²⁺	24,0	7,4	13,5
Ni ²⁺	36,0	11,1	6,8
Pb ²⁺	38,8	12,0	6,8

Наведені у табл. 2 дані експерименту свідчать про те, що вихід сирої клейковини в тісті, яке було виготовлено на воді з домішками важких металів — свинцю та нікелю, значно вище порівняно з тістом, виготовленим на дистильованій воді. Це говорить про інгібування протеолітичних ферментів пшеничного борошна цими катіонами. Механізм дії катіонів на ферменти-протеази пов'язаний з їх реакцією з активними бічними функціональними групами білкових молекул ферментів, частіш за все, із сульфгідрильними групами SH, що порушує третинну структуру ферменту і приводить до його денатурації та втрати активності. З даних експерименту видно, що свинець є більш сильним інгібітором протеаз, що пов'язано, мабуть, з тим, що він є більш сильним окислювачем порівняно з нікелем і тому більш активно взаємодіє з групами SH, які мають відновлювальні властивості.

З метою порівняння нами був проведений експеримент з клейковиною, відмитою з тіста, виготовленого на воді з додаванням відомого активатора ферментів — катіону кальцію — також у концентрації 0,05 г/л у перерахунку на метал. Вихід клейковини різко зменшився, що говорить про прискорення дії протеолітичних ферментів під дією кальцію, який приймає участь у стабілізації третинної структури ферменту та утворенні активного фермент-субстратного комплексу. Поряд з виходом сирої ми контролювали вихід сухої клейковини та здатність її до розтягування, яка прогнозує еластичність білкового каркасу хліба при випіканні тістової заготовки. Вихід сухої клейковини має дуже важливе значення для оцінки процесів, які протікають у білковому комплексі пшеничного борошна, тому що під впливом деяких речовин може підвищуватися здібність білкових молекул до агрегування навколо них молекул води. При цьому підвищується гідратація білків клейковини, вона становиться спроможною утримувати більше зв'язаної води, і вихід сирої клейковини зростає.

У технології виготовлення виробів з пшеничного борошна такий процес дуже корисний для якості готових продуктів. У такому випадку при висушуванні відмитої сирої клейковини вся зв'язана вода елімінує і вихід сухої клейковини не відрізняється від звичайного. При висушуванні сирої клейковини, одержаної в проведених експериментах, вихід її виявляє таку ж залежність, як і вихід сирої, що повністю виключає можливість підвищеної гідратації білків тіста під дією важких металів, а залишає тільки їх дію, що інгібує ферменти. Здатність же клейковини до розтягування не змінюється в тісті, виготовленому на дистильованій воді й на воді з домішками свинцю та нікелю, і лише в присутності катіону кальцію клейковина стає удвічі еластичнішою. Ці результати підтверджують висновок про те, що важкі метали інгібують дію ферментів-протеаз, які не розчеплюють білки клейковини. Катіон же кальцію сильно активує ферменти, які при цьому починають активно гідролізувати білки до амінокислот, зменшують їх кількість та молекулярну масу, що надає клейковині слабкість. Важливим критерієм якості та хлібопекарних властивостей пшеничного борошна є здатність кульки клейковини вагою 10 г до розпливання після годинного відлежування. Дані щодо здатності клейковини, відмитої з тіста з домішками

важких металів, до розпливання наведені в табл. 3.

Наведені дані експерименту повністю узгоджуються з попередніми — клейковина під дією катіонів важких металів закріплюється, стає менш еластичною.

Дуже зручним засобом встановлення активності протеолітичних ферментів сировини є вимірювання відносної в'язкості розчинів желатину під дією препаратів, активність яких досліджується. Ми провели експеримент з вивчення відносної в'язкості розчину желатину під дією протеолітичних ферментів пшеничного борошна у присутності катіонів свинцю та нікелю. Відносну в'язкість розчинів желатину знаходили за допомогою капілярного віскозиметру ВПЖ-2 з діаметром капіляру 0,56 мм у водному термостаті. Термостатування розчинів проводили з точністю до 0,1°C. Видержування системи до початку вимірювання складало не менш 15 хвилин. Перед дослідом розчини фільтрували через фільтри Шотта. Відносну в'язкість розраховували за формулою:

$$\eta = \frac{t_{\text{розчину}}}{t_{\text{розчинника}}}, \quad (1)$$

де η — відносна в'язкість; $t_{\text{розчину}}$ — час витікання розчину, с; $t_{\text{розчинника}}$ — час витікання розчинника, с.

Дані експерименту наведені у табл. 4.

Таблиця 4 — Змінення відносної в'язкості 2 %-х розчинів желатину під дією протеаз пшеничного борошна залежно від розчинника

Розчинник	Відносна в'язкість (η)
вода	1,6
водний розчин солі свинцю ($C_{\text{Pb}} = 0,05$ г/л)	1,95
водний розчин солі нікелю ($C_{\text{Ni}} = 0,05$ г/л)	2,05
водний розчин солі кальцію ($C_{\text{Ca}} = 0,05$ г/л)	1,3

Дані, одержані в результаті експерименту, узгоджуються з попередньо одержаними — відносна в'язкість розчину желатину з добавкою пшеничного борошна без добавок катіонів важких металів значно менша порівняно з тією, яка одержана з добавками катіонів свинцю та нікелю. Напевно, ці катіони інгібують дію протеаз пшеничного борошна, які стають менш активними і більш повільно гідролізують макромолекули желатину. Катіон кальцію, як і в попередніх дослідях, проявляє дуже велику здібність активації, він прискорює процес гідролізу желатину, внаслідок чого в'язкість його розчину зменшується. Але в цьому досліді домішки катіонів свинцю значно менше гальмують процес гідролізу порівняно з катіонами нікелю. Ми пояснюємо цей факт не більшою активністю катіону нікелю як інгібітору протеаз пшеничного борошна, а додатковим процесом комплексоутворення між макромолекулою желатину та цим катіоном, що приводить до стабілізації третинної структури желатину і, як наслідок, до підвищення в'язкості його розчинів. Нікель належить до перехідних металів, які мають вакантні d-орбіталі, що надає йому можливість утворювати додаткові координаційні зв'язки з молекулами субстрату, тобто підвищує його комплексоутворювальну здібність. Цим і пояснюється найбільше зростання в'язкості розчинів желатину порівняно з домішками катіонів свинцю. Катіон же свинцю належить до р-елементів, які не мають електронних рівнів з вакантними d-орбітальми, це позбавляє його властивостей до утворення координаційних зв'язків з електронозбагаченими ділянками білкових молекул желатину.

Таблиця 3 — Залежність здатності до розпливання кульки клейковини, відмитої з пшеничного борошна, від домішків катіонів важких металів

Катіон металу	Діаметр кульки, мм
без металу (контроль)	41
Pb ²⁺	37
Ni ²⁺	39
Ca ²⁺	95

Фактично проведені експерименти свідчать про те, що білкові молекули протеолітичних ферментів зазнають денатурації під дією катіонів важких металів. Під денатурацією розуміється будь-який процес, який порушує четвертинну, третинну і навіть вторинну структуру білкової молекули, змінює її просторову спіральну конфігурацію, не торкаючись ковалентного пептидного зв'язку. Але, незважаючи на зберігання основного скелету молекули, її біологічні властивості втрачаються. З метою вивчення денатурації білку під дією наведених катіонів металів нами була розроблена методика і проведений модельний експеримент, в якому ми спостерігали випадення осаду в 2 %-х водних розчинах яєчного альбуміну під дією цих металів. Випадення осаду характеризує протікання процесу денатурації білку, коли порушується його третинна і, частково, вторинна структура, молекула втрачає підпорядковану спіральну конфігурацію і стає хаотичним нагромадженням клубків та петель. Випадення осаду дуже зручно кількісно контролювати за зміненням оптичної щільності розчинів, яку вимірювали на фотоелектроколометрі КФК-2 у кюветах з товщиною шару 3 см при довжині хвилі 400 нм. Дані експерименту наведені в табл. 5.

Дані експерименту підтверджують факт денатурації білку катіонами важких металів, особливо свинцем, і повністю узгоджуються з даними, які одержані під час експериментів з клейковиною. Катіон кальцію сприяє стабілізації третинної структури білку, і тому прозорість розчину яєчного альбуміну підвищується.

Усі випробовані нами тести підтверджують той факт, що катіони важких металів згубно впливають на біологічну активність протеолітичних ферментів пшеничного борошна, вони позбавляють клейковину еластичності, що може негативно сказатися на білковому каркасі тіста при його випіканні і, як наслідок, на якості готового виробу.

Висновки. Проведені нами дослідження свідчать про те, що забруднення води, яку використовують для приготування тіста у процесах випікання хліба, особливо катіонами важких металів, які є інгібіторами більшості ферментів, відіграє дуже важливу роль в забезпеченні якості готового виробу, що потребує ретельного контролю її чистоти.

Список літератури/References

1. Аникеева, Н. В. Научное обоснование и разработка технологий хлебобулочных изделий функционального значения / Н. В. Аникеева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2012. — № 1. — С. 77–81.

Anikeeva, N. V. (2012). *Nauchnoye obosnovaniye i razrabotka tekhnologiy khlebobulochnykh izdeliy funktsionalnogo znacheniya* [Scientific substantiation and development of technologies of bakery products of a functional purpose]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], no. 1, pp. 77–81.

2. Коршунова, Г. Ф. Украинское хлебопечение — перспективы развития / Г. Ф. Коршунова // Вестник Меркурия. — 2006. — № 3. — С. 10.

Korshunova, G. F. (2006). *Ukrainskoye khlebopecheniye — perspektivy razvitiya* [Ukrainian Bakery — prospects of development]. *Vestnik Merkuriya* [Bulletin of Mercury], no. 3, p. 10.

3. Симакова, О. О. Разработка способов повышения качества и пищевой ценности изделий из пшеничной муки / О. О. Симакова, Г. В. Руденко // Техника и технология пищевых производств : сборник тезисов докладов участников 6-й международной конференции студентов и аспирантов. — М. : МГУП, 2007. — С. 122.

Symakova, O. O. & Rudenko, G. V. (2007). *Razrabotka sposobov povysheniya kachestva i pishchevoy tsennosti izdeliy iz pshenichnoy muki* [Developing ways to improve the quality and nutritional value of products from wheat flour]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. Sbornik tezisev dokladov uchastnikov 6-y mezhdunarodnoy konferentsii studentov i aspirantov*

Таблиця 5 — Змінення оптичної щільності водних розчинів яєчного альбуміну в присутності катіонів металів

Катіон металу	Оптична щільність, D
Без металу (контроль)	0,05
Ca ²⁺	0,03
Ni ²⁺	0,25
Pb ²⁺	0,38

[Abstracts of the participants of the 6th International Conference of students and graduate students.]. Moscow, MGUP Publ., p. 122.

4. Семенова, Л. Я. Вплив морської капусти на якісні показники дріжджового тіста / Л. Я. Семенова // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. — Донецьк : ДонНУЕТ, 2011. — № 27. — С. 239–244.

Semenova, L. Ya. (2011). *Vpliv morskoi kapusti na yakisni pokazniki drizhdzhovogo tista* [The impact of seaweed on quality indicators of dough]. *Obladnannya ta tekhnologii kharchovikh virobnitstv* [Equipment and technology of food production], no. 27, pp. 239–244.

5. Семенова, Л. Я., Вплив ламінарії цукрової на якісні показники дріжджового тіста / Л. Я. Семенова // Вісник ДонНУЕТ. Технічні науки. — Донецьк : ДонНУЕТ, 2012. — Вип. № 1 (53). — С. 153–157.

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

6. Гридина, С. Б., Ферментативная активность зерновых культур / С. Б. Гридина, Е. П. Зинкевич, Т. А. Владимирцева, К. А. Забусова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета — 2014. — № 8. — С. 57–60.

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 University], no. 8, pp. 57–60.

7. Теплая, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды / Г. А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования. — 2013. — № 1 (23). — С. 182–192.

Teplaya, G. A. (2013). *Tyazhelyye 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.

8. Сімакова, О. О. Вплив води на якість хліба / О. О. Сімакова // Swordl. Технічні науки. — Одеса : Купрієнко, 2012. — Том 10. — С. 88–90.

Simakova, O. O. (2012). *Vpliv vody na yakist khliba* [Effect of water on quality of dough]. *Swordl. Tekhnichni nauky* [Swordl. Technical Sciences]. Odessa, vol. 10, pp. 88–90.

9. Сімакова, О. О. Роль качества питьевой воды в производстве хлеба / О. О. Сімакова, Р. П. Никифоров // Вісник ДонНУЕТ. Технічні науки. — Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2015. — Вип. № 2 (63). — С. 98–104.

Simakova, O. O. & Nikiforov R. P. (2015). *Rol' kachestva pit'yevooy vody v proizvodstve khleba* [The role of the quality of drinking water in the production of bread]. *Visnik DonNUET. Tekhnichni nauky* [Bulletin of DonNUET, Technical sciences], no. 2 (63), pp. 98–104.

10. Буденный М. М. Потребителю о питьевой воде / М. М. Буденный, В. В. Агарков, В. Н. Леньшин. — Х. : Фактор, 2010. — 112 с.

Budennyi, M. M., Agarkov, V. V. & Lenshin, V. N. (2010). *Potrebitelyu o pityevoj vode* [For customer about drinking water]. Kharkiv, Faktor Publ., 112 p.

Цель. Цель статьи заключается в исследовании влияния тяжелых металлов на хлебопекарные качества пшеничной муки.

Методы. В процессе исследования использованы методы определения активности амилитических и протеолитических ферментов сырья.

Результаты. Доказано, что катионы тяжелых металлов отрицательно влияют на биологическую активность протеолитических ферментов пшеничной муки, они лишают клейковину эластичности, что может негативно сказаться на белковом каркасе теста при его выпекании и, как следствие, на качестве готового изделия. Доказано, что вода, загрязненная примесями тяжелых металлов, в частности свинца и никеля, может способствовать ухудшению газоудерживающей способности тестового полуфабриката. Загрязнение воды, которую используют для приготовления теста в процессах выпечки хлеба, особенно катионами тяжелых металлов, которые являются ингибиторами большинства ферментов, игра-

ет очень важную роль в обеспечении качества готового изделия, что требует тщательного контроля ее чистоты.

Ключевые слова: пшеничная мука, дрожжевое тесто, протеолитические ферменты, амилолитические ферменты, тяжелые металлы, катионы, вода, клейковина.

Objective. *The purpose of the article is to study the effect of heavy metals on the baking quality of wheat flour.*

Methods. *In the process of the research, methods for determining the activity of amylolytic and proteolytic enzymes of raw materials were used.*

Results. *It proved that heavy metal cations adversely affect the biological activity of proteolytic enzymes of flour, they deprive gluten of elasticity, which may adversely affect the protein frame of the dough by baking, and as a result, the quality of the finished product. It is proved that the water is contaminated by impurities of heavy metals, particularly lead and nickel, can worsen the gas-retaining ability of the semi-finished dough. The pollution of water, which is used for the preparation of the dough during the bread baking, particularly heavy metal cations, which are inhibitors of most enzymes, plays a very important role in ensuring the quality of the finished product that requires careful monitoring of its purity.*

Key words: *wheat flour, yeast dough, proteolytic enzymes, amylolytic enzymes, heavy metals, cations, water, gluten.*

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК (641.53:534.321.9)-047.84 (045)

*Хорольський В. П., д-р техн. наук, професор¹
Омельченко О. В., канд. техн. наук¹*

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

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОВУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

UDC (641.53:534.321.9)-047.84 (045)

*Khorolskyi V. P., Grand PhD of Engineering Science,
Professor¹
Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences¹*

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua

ENERGY EFFICIENCY OF THE BAKERY PRODUCTS ENTERPRISES

Мета. Метою статті є розв'язання актуального наукового завдання автоматизованого управління траєкторією електроспоживання підприємства з виробництва хлібоулочних виробів у період обмежень енергосистеми за рахунок розробки системи інтелектуального управління і прогнозування активної та реактивної потужностей.

Методи. Для вирішення поставлених завдань в роботі використано методи теорії випадкових процесів, штучного інтелекту, векторної оптимізації і статистичного моделювання, а також спеціалізовані програмні засоби для прогнозування витрат реактивної та активної потужностей підприємства.

Результати. Розроблено інтелектуальну систему управління електроспоживанням промислового підприємства з виробництва хлібоулочних виробів у період обмеження потужності енергосистеми.

Ключові слова: електроспоживання, інтелектуалізація, виробництво хліба, енергоефективність, прогнозування, реактивна потужність.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності управління режимами електроспоживання підприємств харчової промисловості України за рахунок впровадження новітніх систем цифрового управління енергоспоживанням, автоматизації технологічних процесів управління виробництвом хліба в період обмеження енергосистеми, використання сучасних технічних засобів, математичних моделей і методів прогнозування є народногосподарським завданням, яке стоїть перед науковцями Дніпропетровської області.

Економія електричної енергії на всіх стадіях її життєвого циклу (виробництво, передача, розподіл і споживання) складає найважливішу проблему енергетики України. Ефективне використання електроенергії на рівні промислових підприємств харчової промисловості є однією зі складових цієї проблеми. Це обумовлено зростанням цін на електроенергію і зростанням її частки в собівартості продукції, яка для цих підприємств досить висока і може досягати 25–35 % і більше.

Отже, підвищення ефективності управління режимами електроспоживання підприємства харчової промисловості на основі оптимізації основного електротехнічного обладнання є сучасним актуальним завданням, яке стоїть перед енергоменеджментом підприємств.

Для цих цілей на практиці широко використовують автоматичні системи управління електропостачанням, в основу побудови яких покладені математичні методи, моделі, алгоритми і сучасні апаратно-програмні засоби. Це дозволяє звести до мінімуму

Надійшла до редакції 05.10.2017 р.

© В. П. Хорольський, О. В. Омельченко, 2017

штрафні санкції за порушення встановлених лімітів на електричну потужність (активну і реактивну).

Встановлено, що витрати електроенергії, пов'язані із втратами активної потужності в електричній мережі підприємства, нестабільність напруги на електроприймачах тощо вимагає від проєктантів впровадження ефективних систем енергоменджменту [1; 2].

Для підвищення енергоефективності підприємств будь-якої галузі промисловості, на думку авторів наукових праць [1–4], перспективними дослідженнями є:

— математичні моделі і алгоритми управління режимами електроспоживання промислових підприємств; дослідження активних і реактивних електричних навантажень підприємства, значення напруги у вузлах електромережі підприємств та оцінка втрат потужності в її елементах від перетікань реактивної потужності;

— розробка автоматизованих систем інтелектуального управління енергоспоживанням підприємств, призначених для роботи в реальному масштабі часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Над науковою проблемою ефективності систем енергопостачання підприємств різних галузей працювали В. Є. Шестеренко [4], Б. І. Кудрін [5]. Стратегію розвитку енергетики України до 2030 року розроблено вченими АН України [6], що свідчить про пріоритетний напрямок державної політики щодо енергозбереження. Системи автоматизованого обліку й управління електроспоживанням підприємств на базі сучасних SCADA систем розглянуто М. М. Черемісіним [7]. У реферованих працях доведено, що ефективність процесів електрозбереження у багатьох випадках залежить від удосконалення систем контролю витрат електрики і автоматизації енергоємних технологічних процесів виробництва продукції. Разом з тим ефективність споживання електрики залежить від багатьох невирішених питань, серед яких: автоматизація електропостачання, вміння проєктантів спроектувати системи інтелектуального управління інваріантними до збурень технологічними процесами в періоди обмежень потужності енергосистеми та віялових відключень. Крім цього, на наш погляд, відсутні дослідження щодо розробки багаторівневих систем управління електроспоживанням хлібозаводів великої потужності із впровадженням інтелектуальних систем управління реактивними та активними потужностями підприємства у періоди «пік», «напівпік» та «ніч».

Метою статті є розв'язання актуального наукового завдання автоматизованого управління траєкторією електроспоживання підприємства з виробництва хлібобулочних виробів у періоди обмежень енергосистеми за рахунок розробки системи інтелектуального управління і прогнозування активної та реактивної потужностей.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

— дослідити процес управління електроспоживанням підприємства як системи прогнозування активної та реактивної потужностей;

— побудувати інтегровану інтелектуальну систему управління електроспоживанням підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Корпоративні підприємства ПАТ «Криворіжхліб», ПАТ «Перший хлібозавод» відносяться до середніх споживачів електрики. Більшість технологічних виробництв електропостачання цих підприємств згідно з ПУЕ відносяться до II категорії електроприймачів [3; 4; 5; 6].

У цілому електричне господарство (ЕГ) підприємства та траєкторію електроспоживання можливо описати системою залежностей виду:

$$EG = \{P_{\max}, K_{\text{ПОП}}, T, D, P_{\text{сеп}}, A_{\text{П}}, A_{\text{ЕП}}\}, \quad (1)$$

де P_{\max} — півгодинний максимум навантаження підприємства; $K_{\text{ПОП}}$ — коефіцієнт попиту; T — річна кількість годин використання максимального навантаження T_{\max} (год); D — кількість встановлених електродвигунів (шт); $P_{\text{сеп}}$ — потужність двигунів, в умовних електродвигунах, кВт; $A_{\text{П}}$ — електроозброєність праці (МВт·год/осіб); $A_{\text{ЕП}}$ — продуктивність праці електротехнічного персоналу (МВт·год/осіб).

Економія електроенергії на вищеперахованих підприємствах харчової промисловості України на усіх стадіях виробництва продукції також обумовлена зростанням у

2017 році цін на енергоносії, а отже, зростанням її частки у собівартості продукції, яка для енергоємних технологій випікання хліба складає 30 й більше відсотків. Особливістю сучасного управління електроспоживанням підприємств харчової промисловості є впровадження систем енергоменеджменту і автоматизованих систем контролю й обліку електроенергії (АСКОЕ). Усі криворізькі підприємства галузі розраховуються з ПАТ «ДТЕК ДНІПРООБЛЕНЕРГО» за спожиту електроенергію за тризонним тарифом [4; 5], тобто: 1,5 тарифу в години максимального навантаження енергосистеми (з 8 до 11 години і з 20 до 22 години); повний тариф у напівпіковий період (з 7 до 8 години, з 11 до 20 години, з 22 до 23 годин); 0,4 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23 до 7 години). Перехід на цей тариф стимулює енергоменеджмент підприємств харчової промисловості до виокремлення деяких цехів (фабрик) в якості енергоспоживачів, диференційованих за категоріями і часом їх роботи впродовж доби.

Іншою особливістю підприємств харчової промисловості є те, що в якості електроприводів найбільш енергоємних технологічних процесів використовуються синхронні двигуни до 500 кВт, асинхронні двигуни потужністю від 5 кВт до 50 кВт і двигуни постійного струму — тиристорні перетворювачі, конденсаторні батареї тощо. З метою аналізу й оптимізації електроспоживання на підприємствах харчової промисловості структуру електричної мережі наведемо у виді множини $J = [j]$, $j = 1, 2, \dots, n$ — рівнів ієрархії, до яких відносяться: вхідні фідери на підприємстві; трансформаторні підстанції; силові трансформатори; групи електроприймачів, що розподілені на значній території підприємства.

Щоб уникнути виходу контрольованих параметрів потужності за обмеження, встановлені в договорі з енергетичною системою, необхідно управління режимами електроспоживання промислових підприємств здійснювати з використанням прогнозних значень електричних навантажень. Прогнозування електричних навантажень має значний вплив на ефективність ухвалення рішень щодо управління режимами електроспоживання промислового підприємства.

Основним недоліком відомих моделей прогнозування електричних навантажень промислових підприємств є неможливість їх використання в умовах істотної зміни характеру режимів електроспоживання підприємств, що викликається регулюванням активних і реактивних електричних навантажень [2; 3].

Відомо, що прогнозування активних електричних навантажень можливо виконувати за допомогою лінійних і квадратичних регресійних моделей, фільтрів Брауна першого і другого порядків та інших статистичних моделей за визначенням зони використання їх для прогнозування активного електричного навантаження підприємств [2; 3].

Ці моделі дозволяють отримати необхідну точність при прогнозуванні електричного навантаження на $t^* = n \cdot \Delta t = 2 \cdot 5 = 10$ хвилин в межах перепадів навантаження ΔP , що не перевищують 1,2 %.

Необхідна точність прогнозування електричних навантажень промислових підприємств залежить від точності вимірювальних приладів, використовуваних для її контролю, і погрішності, що вноситься при передачі даних з вимірювальних приладів в ЕОМ.

При виборі приладів контролю й обліку споживання електричної потужності та енергії необхідно звертати увагу на забезпечувану ними точність виміру контрольованих параметрів. Для виміру електричних параметрів можна рекомендувати індукційні лічильники з імпульсним виходом і цифрові прилади провідних вітчизняних і зарубіжних виробників: для технічного обліку електроенергії — не нижче класу 1,0, а для комерційного — 0,2S і 0,5S класів.

На теперішній час все частіше знаходять застосування прилади, що забезпечують збір інформації у безпосередній близькості від об'єктів контролю і передачу її в цифровому виді по стандартних комунікаційних середовищах: перетворювачі вимірювальні Е855-М1, Е848-М1, Е849-М1 Вітебського заводу приладів електровимірювань; прилади серії СПЦ 6806 фірм «Електромеханіка»; прилади СЭТ-4ТМ, ЦЭ-6850, ПСЧ-4ТА концерну «Енергоміра»; лічильники електричної енергії серії ЕА02-КАХ-В4, ЕА0511А-В3, ЕА05Е-В3, ЕА10-3 компанії Эльстер Метроника [7].

При використанні на промислових підприємствах для виміру електричного навантаження датчиків загальнопромислового призначення з межами припустимої погрішності $\pm 1,0\%$, а для комутації та перетворення аналогових сигналів — пристроїв, що серійно випускаються, з точністю не гірше $\pm 0,3\%$, алгоритмічна погрішність обчислення і прогнозу електричного навантаження підприємства складе $\pm (1,5-1,6)\%$.

Кращі результати забезпечують інтелектуальні нейромережі (ІНМ) [8–10]. Їх можна використати при глибині зниження навантаження до $1,3-1,5\%$.

При глибшому зниженні навантаження необхідно використати процедуру корекції, суть якої зводиться до наступного.

Прогнозований процес на відрізку корекції надається у виді:

$$P(t') = P(t) + P_{\Sigma}(t), \quad (2)$$

де $P(t')$ — відкоригований процес, $t' \in [t - k\Delta t; t]$, де k — кількість точок (об'єм) передісторії (цей відрізок називатимемо надалі відрізком корекції); $P_{\Sigma}(t') = \sum_{i=1}^G P_i(t')V_i(t')$ — сумарне навантаження усіх споживачів, режим роботи яких змінювався на відрізку корекції; $P_i(t')$ — навантаження i -го споживача, що змінив режим; $V_i(t') = \{-1; +1\}$ — характер зміни режиму роботи i -го споживача регулятора (СР) до моменту часу: -1 — відключений; $+1$ — підключений; G — кількість споживачів, що змінили режим роботи до теперішнього моменту часу t .

У подальшому виконуємо побудову моделі й обчислення прогнозного значення навантаження $P_{np}(t+t')$.

При використанні процедури корекції доцільно використати для прогнозування електричного навантаження прості моделі, такі як лінійні і квадратичні регресійні, фільтри Брауна першого і другого порядків, що вимагають для своєї реалізації мінімальні витрати часу. Як показав аналіз, виконаний для підприємства ПАТ «Криворіжхліб», ці моделі у поєднанні з процедурою корекції дозволяють забезпечити необхідну точність прогнозування навантаження при $\Delta P = 18-20\%$.

У разі потреби для цих моделей здійснюється визначення верхньої довірчої межі прогнозного значення навантаження:

$$P_B = P_{np}(t+t') + \Delta, \quad (3)$$

де $\Delta = t_{\beta} \sqrt{D[P_{np}(t+t')]}$ — величина довірчого інтервалу прогнозного значення навантаження, $D[P_{np}(t+t')]$ — значення навантаження; t_{β} — критична точка розподілу Стюдента для $k-2$ ступенів свободи і рівня значущості β . Зазвичай в додатках значення β приймається рівним $0,05$ [8].

Дисперсія прогнозу для регресійних моделей може бути обчислена за співвідношенням:

$$D[P_{np}(t+t')] = D(\varepsilon') / k' \left[1 + k + (t+t' - t_{cp}) / \sigma_i^2 \right], \quad (4)$$

де

$$t_{cp} = \frac{1}{k'} \sum_{i=1}^{k'} t'_i \text{ — характеризує центр інтервалу спостереження;}$$

$$k' = \frac{k}{\tau_k} \text{ — об'єм незалежної вибірки;}$$

$$t'_i \text{ — моменти часу, які відповідають точкам незалежної вибірки, } t' \in [t - k\Delta t; t];$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{k'} \sum_{i=1}^{k'} (t'_i - t_{cp})^2 \text{ — розкид точок на інтервалі спостереження;}$$

$$\varepsilon' = P(t') - P_{np}(t), \quad t' \in [t - k\Delta t; t].$$

Для фільтрів Брауна дисперсія прогнозу може бути визначена за виразом:

$$D[P_{np}(t+t')] = D(\varepsilon') \left[\alpha / (2 - \alpha)^3 \left(1 + 4(1 - \alpha) + 5(1 - \alpha^2) + 2\alpha(4 + 3\alpha)n + 2\alpha^2 n^2 \right) \right], \quad (5)$$

де α — параметр, значення якого у більшості випадків знаходяться в межах $0,2-0,3$; $n = 2$. Оптимальне значення α визначається на етапі ідентифікації моделі прогнозування.

При зниженні електричного навантаження більш ніж на 18–20 % можна використати ІНМ. При цьому у поєднанні з процедурою корекції такий підхід забезпечує необхідну точність прогнозування навантаження до 55 % і більше, залежно від способів навчання мережі.

Оскільки характер зміни активних і реактивних навантажень підприємства ПАТ «Криворіжхліб» багато в чому співпадає, то, ґрунтуючись на наведених вище результатах прогнозування активних і реактивних навантажень, нами використані ІНМ у поєднанні з процедурою корекції.

Розглянемо питання вибору структури ІНМ і методів їх навчання для прогнозування реактивних навантажень підприємств харчової промисловості.

При визначенні конфігурації ІНМ необхідно прагнути до зменшення її розмірності, оскільки при великій розмірності навчання мережі займає багато часу, а при недостатній — мережа погано навчається і при функціонуванні видає не задовільні результати.

У основу вибору структури ІНМ для прогнозування реактивних електричних навантажень були покладені такі вимоги:

- у вхідному шарі мережі кількість елементів повинна відповідати довжині передісторії, використовуваної для прогнозу;
- вихідний шар повинен містити один елемент, що визначає прогнозне значення електричного навантаження;
- мережа повинна містити один проміжний шар;
- кількість елементів у проміжному шарі мережі вибирається рівною половині суми елементів вхідного і вихідного шарів.

У результаті дослідження різних ІНМ [9], що задовольняють наведеним вище вимогам, було обрано тришарову конфігурацію мережі для прогнозування реактивного навантаження, у вхідному шарі ІНМ якої знаходиться 4 нейрони, в прихованому — 3, а у вихідному шарі — 1 нейрон. На рис. 1 наведено ІНМ зі структурою 4–3–1.

У системі прогнозування реактивної потужності використано позначення:

$Q_1(t)w_1^1$ — сигнал на виході першого шару;

$(Q_1(t)w_1^1 + Q_2(t)w_2^1 + Q_3(t)w_3^1 + \dots + Q_k(t)w_{k1}^1)f_i$ — сигнал на входах другого шару;

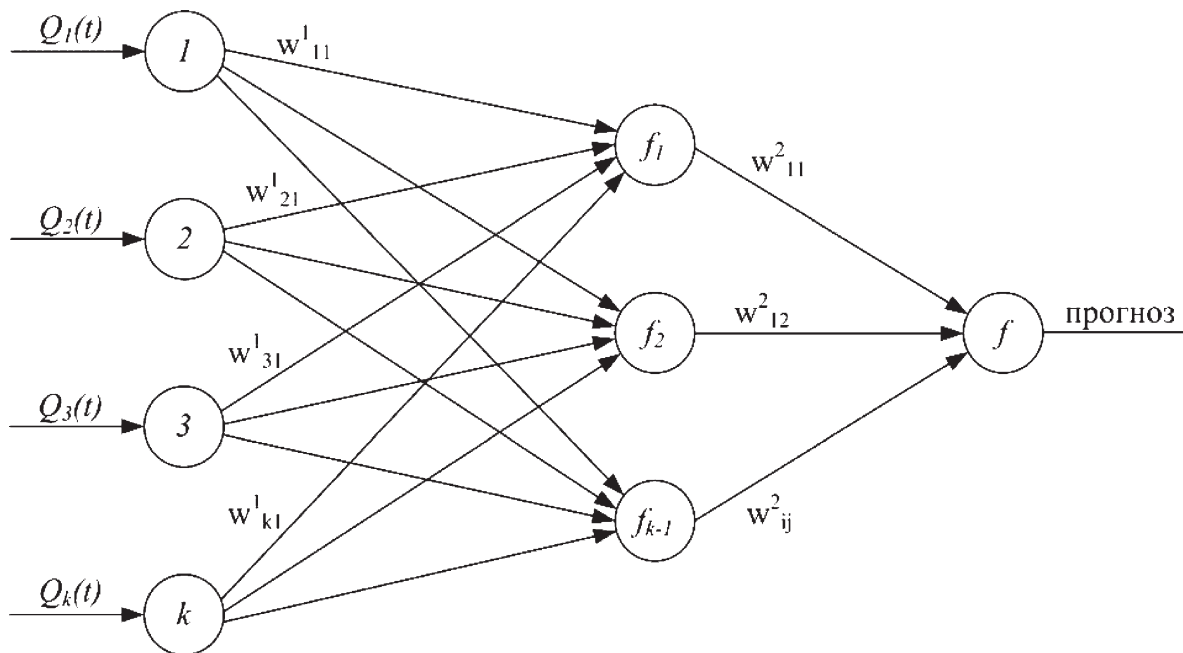


Рисунок 1 — Структура ІНМ для прогнозування реактивного навантаження:

$Q_1(t), Q_2(t), \dots, Q_i(t), \dots, Q_k(t)$ — вхідні та $Q(t + t^*)$ — вихідні сигнали мережі;
 w_{ij}^1, w_{ij}^2 — відповідно вагові коефіцієнти (сигнали) ліній, які зв'язують елементи першого, другого і третього шарів мережі; i, j — номери елементів у першому і другому шарах мережі

$(Q_1(t)w_1^1 + Q_2(t)w_2^1 + Q_3(t)w_3^1 + \dots + Q_k(t)w_{k1}^1)f_1w_1^2$ — сигнал на вході третього шару.

Отже, модель ІНМ прогнозування реактивної потужності, параметри якої визначаються за критерієм мінімуму помилки прогнозу шляхом навчання мережі, запишемо таким чином:

$$\begin{aligned} Q(t+t^*) = & \left\{ \left[(Q_1(t)w_1^1 + Q_2(t)w_2^1 + Q_3(t)w_3^1 + \dots + Q_k(t)w_{k1}^1)f_1 \right] + \right. \\ & + \left. \left[(Q_1(t)w_2^1 + Q_2(t)w_2^2 + Q_3(t)w_3^1 + \dots + Q_k(t)w_{k2}^1)f_2w_2^2 \right] + \right. \\ & \left. + \left[Q_1(t)w_{1,k+t/2}^1 + Q_2(t)w_{2,k+t/2}^1 + Q_3(t)w_{3,k+t/2}^1 + \dots + Q_k(t)w_{k,t/2}^1 \right] \right\} \cdot f. \end{aligned} \quad (6)$$

В якості активаційної функції прихованого (проміжного) і вихідного шарів прийнята сигмоїдальна функція виду

$$f_s = \frac{1}{1 + e^{-a \cdot s}},$$

де a — деякий параметр; s — зважені суми вхідних сигналів нейронів [9]. Перший (вхідний) шар мережі має $w_{ij} = 1$ та $f_s = 1$.

Цінною властивістю сигмоїдальної функції, істотною для вирішення цього завдання, є її здатність посилювати слабкі сигнали краще, ніж сильні і запобігати насиченню від сильних сигналів. Ця властивість визначається значенням параметра a , який рекомендується призначати рівним або більшим за 1.

Навчання мережі проводилося за допомогою комбінованого методу, побудованого на основі алгоритму зворотного поширення помилки і стохастичних варіантів: методів імітації, методів Больцмана і Коши, зміни вагових коефіцієнтів. Ймовірність збереження таких змін визначається на основі відповідно розподілів Больцмана і Коши. Можливість використання «погіршувальних» змін вагів дозволяє виходити з локальних мінімумів функції помилок [9]. Навчальна послідовність складала 50 вибірок, що формують значення вагових коефіцієнтів входів нейронів, які утворюють мережу. Час навчання ІНМ на комп'ютері Pentium 3200 складав біля 5 с при числі ітерацій (кроків) навчання 600–800.

У зв'язку зі зміною характеру споживання реактивної потужності підприємством параметри моделі прогнозування вимагають періодичної адаптації, яка здійснюється після закінчення кожної доби і супроводжується процедурою перенавчання ІНМ на нових вибірках даних.

У серії випробувань, проведених на модельних даних, помилки прогнозування при зміні реактивного навантаження ΔQ , що дорівнює 1,5 %, не перевищували 1,4 %.

При великих перепадах реактивного навантаження необхідно використати розглянуту вище процедуру корекції. Розглянута методика використана при проектуванні інтелектуальної системи управління електроспоживанням підприємства.

Наведений вище підхід щодо опису електричної мережі дозволяє автоматизувати процес управління траєкторією електроспоживання підприємства ПАТ «Криворіжхліб» на єдиній інформаційній платформі SCADA-систем, АСКОЕ, автоматизованих систем управління електроспоживанням (АСУЕ). У свою чергу, траєкторія електроспоживання підприємств, в умовах обмежень потужності енергосистеми, визначає траєкторію оптимального виробництва продукції за допомогою автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУТП).

Звідси витікає, що інтегровану автоматизовану систему управління підприємства можливо навести у виді трьох взаємозв'язаних рівнянь управління. Нижній рівень утворюють:

— АСУТП підготовки борошна, приготування опари, тіста, вистоювання, розділення та випікання хліба;

— АСУЕ технологічних операцій і технологічних ліній щодо виробництва хлібобулочних виробів, пов'язаних між собою за допомогою SCADA-систем та автоматизованих систем управління конденсаторними батареями типу регульовані батареї конденсаторів (РБК), джерел реактивної потужності (ДРП) і споживачів-електрорегуляторів (СЕР).

Середній рівень утворюють MES (Manufacturing Execution System) системи, які орієнтовані на інформатизацію задач оперативного планування й управління виробництвом хлібобулочних виробів, оптимізацію виробничих процесів та втрат електроенергії, газу, води, мастильних матеріалів, дизельного палива, контролю й диспетчеризації виконання планів і портфеля замовлень. Верхній рівень автоматизованого управління підприємством (АСУТП) утворюють ERP-системи, які забезпечують рішення стратегічних задач виконання портфеля замовлень виробництва продукції, управління ресурсами, інвестиціями і забезпечують підтримку бізнес-процесів підприємства в цілому [8].

На рис. 2 наведена структура інтегрованої інтелектуальної системи, яка забезпечує оптимізацію виробництва портфеля замовлень споживачів продукції в періоди обмежень електроенергії за допомогою експертних систем (ЕС) шляхом побудови бази даних (БД), бази знань (БЗ), динамічної бази оперативних технологічних даних, динамічної бази оперативного стану енергосистеми та бази правил (БП). Особливістю розробленої системи є інтегрованість ЕС з АСУТП-MES-ERP системи, що забезпечує узгоджену роботу управлінської та інформаційної підсистем АСУ підприємства щодо діагностики проблемних ситуацій, технологічно-енергетичних ситуацій і прийняття рішень P_i , Q_i , команд на пошук оптимальних рішень, визначення СЕР, ДРП.

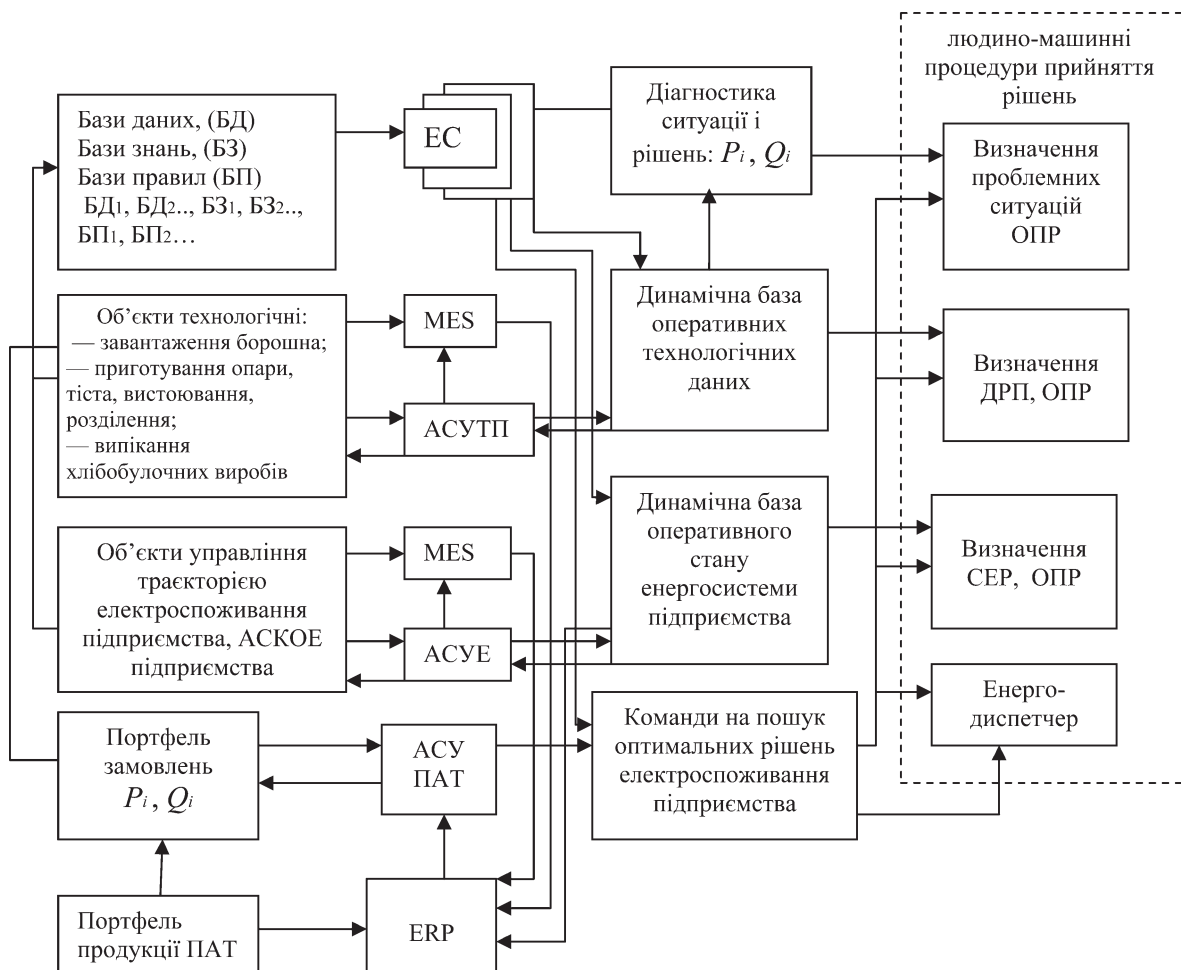


Рисунок 2 — Структура інтегрованої інтелектуальної системи управління електроспоживанням підприємства

У свою чергу, накопичена в SCADA-системах інформація утворює базу даних (БД) для прогнозування як технологічних параметрів виробництва продукції, так і прогнозування параметрів P_i , Q_i за алгоритмами, розглянутими нами раніше.

Таким чином, на основі досліджень параметрів споживання активної та реактивної потужностей для підприємств харчової промисловості розроблено автоматизовану систему узгодженого управління електроспоживанням хлібозаводу в періоди обмежень енергосистемою потужностей за активного і реактивного навантаження. Система дозволяє зменшити втрати виробництва продукції (борошна), води, газу, інших покращувачів якості хліба в періоди «пік», «напівпік» та максимізувати продуктивність комплексу в період «ніч», виконавши «точно у термін» замовлення споживачів.

Висновки. Проведений аналіз існуючих методів, моделей і технічних засобів управління режимами електроспоживання підприємств харчової промисловості показав, що вони мають недостатньо високу ефективність і не можуть повною мірою задовольнити постійне зростання вимог до якості управління електроспоживанням.

Одним зі шляхів підвищення якості управління режимами електроспоживання підприємств харчової промисловості є впровадження на основі системного аналізу об'єктів управління досконалих математичних моделей, методів і засобів управління.

Проведено аналіз функціонування і класифікації електроустаткування підприємств харчової промисловості за характером режимів споживання активної та реактивної електроенергії. Результати цього аналізу використані при побудові адаптивних процедур оперативного прогнозування електричних навантажень підприємства ПАТ «Криворіжхліб», які ґрунтуються на статистичних методах і методах штучних нейронних мереж.

Визначено структури штучних нейронних мереж і методи їх навчання, що забезпечують за наявності достовірної апріорної інформації необхідну точність прогнозування активного та реактивного навантажень вузлів електромережі підприємств.

На основі досліджень параметрів споживання активної та реактивної потужностей для підприємств харчової промисловості розроблено автоматизовану систему інтелектуального управління електроспоживанням хлібозаводу в періоди обмежень енергосистемою потужностей з активного і реактивного навантаження. Система дозволяє зменшити втрати виробництва продукції (борошна), води, газу, інших покращувачів якості хліба в періоди «пік», «напівпік» та максимізувати продуктивність комплексу в період «ніч», виконавши «точно у термін» замовлення споживачів.

Список літератури/References

1. Фокин, В. М. Основы энергосбережения и энергоаудит. — М. : Машиностроение-1, 2006. — 256 с.
2. Фокин, В. М. (2006). *Osnovy energosberezheniya i energoaudit* [Fundamentals of energy conservation and energy audit]. Moscow, Mashinostroenie-1 Publ., 256 p.
3. Малярченко, В. А. Энергосбережение и энергетический аудит : учебное пособие / В. А. Малеренко, И. А. Немировский ; под. ред. проф. Малярченко В. А. — Харьков : ХНАГХ, 2008. 253 с.
4. Malerenko, V. A., & Nemirovskiy, I. A. (2008). *Energosberezhenie i energeticheskij audit* [Energy conservation and energy audit]. KHar'kov, KHNAAGKH Publ., 253 p.
5. Шумилова, Г. П. Краткосрочное прогнозирование электрических нагрузок с использованием искусственных нейронных сетей / Г. П. Шумилова, Н. Э. Готман, Т. Б. Старцева // Электричество. — 1999. — № 10. — С. 7–12.
6. Shumilova, G. P., Gotman, N. E., Startseva T. B. (1999). *Kratkosrochnoe prohozirovanie elektricheskikh nahruzok s ispolzovaniem iskusstvennykh neyronnykh setey* [Short-term forecasting of electric load using artificial neural networks]. *Elektrichestvo* [Electricity], no. 10, pp. 7–12.
7. Шестеренко, В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств : підручник / В. Є. Шестеренко ; Національний ун-т харчових технологій. — Вінниця : Нова Книга, 2004. — 656 с.

Shesterenko, V. Ye. (2006). *Systemy elektrospozhyvannya ta elektropostachannya promyslovykh pidpryyemstv* [The power consumption system and power supply of industrial enterprises]. Vinnytsia, Nova Knyha Publ., 656 p.

5. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кудрин. — М. : Интернет Инжиниринг, 2007. — 672 с.

Kudrin, B. I. (2007). *Elektrosnabzhenie promyshlennykh predpriyatiy* [Power supply of industrial enterprises], Moscow, Internet Inzhenering Publ., 672 p.

6. Енергетична стратегія України на період до 2030 року : Розпорядження КМ України № 145-р від 15.03.2006 р. / КМУ. — К. : 2006 — Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/signal/Kr.0614a.doc>.

Cabinet of Ministers of Ukraine (2006). *Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku : Rozporiadzhennia KM Ukrainy vid 15.03.2006 r.* [Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2030 : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 145-p dated 15.03.2006]. Available at : <http://zakon1.rada.gov.ua/signal/Kr.0614a.doc>.

7. Черемісін, М. М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням : посібник для вищих навчальних закладів / М. М. Черемісін, В. М. Зубко. — Х. : Факт, 2005, 192 с.

Cheremisin, M. M. (2005). *Avtomatyzatsiya obliku ta upravlinnia elektrospozhyvanniam* [Automation of accounting and control of electricity consumption]. Kharkiv, Fakt Publ., 192 p.

8. Стивенсон, В. Дж. Управление производством / В. Дж. Стивенсон ; пер. с англ. — М. : Издательство БИНОМ ; Лаборатория Базовых Знаний, 1999. — 928 с.

Stivenson, V. D. (1999). *Upravlenie proizvodstvom* [Production management]. Moscow, BINOM Publishing House, Laboratory of Basic Knowledge, 928 p.

9. Методы современной теории автоматического управления / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. — М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 784 с.

Pupkova, K. A., Egupova, N. D. (2004). *Metody sovremennoy teorii avtomaticheskogo upravleniya* [Methods of modern theory of automatic control]. Moscow, Publishing house MG TU named after N. E. Bauman, 784 p.

10. Геловани В. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды / В. А. Геловани, А. А. Башлыков, В. Б. Бритков, Е. Д. Вязилов. — М. : Едиториал УРСС, 2001. — 120 с.

Gelovani, V. A., Bashlyikov, A. A., Britkov, V. B., Vyazilov, E. D. (2001). *Intellektualnye sistemy podderzhki priniatiya resheniy v neshtatnykh situatsiiakh s ispolzovaniem informatsii o sostoyanii prirodnoy sredy* [Intelligent decision support in emergency situations using information about the state of the environment]. Moscow, Edytoryal URSS Publ., 120 p.

Цель. Целью статьи является решение актуальной научной задачи автоматизированного управления траекторией электропотребления предприятия по производству хлебобулочных изделий в периоды ограничений энергосистемы за счет разработки системы интеллектуального управления и прогнозирования активной и реактивной мощностей.

Методы. Для решения поставленных задач в работе использованы методы теории случайных процессов, искусственного интеллекта, векторной оптимизации и статистического моделирования, а также специализированные программные средства для прогнозирования расходов реактивной и активной мощностей предприятия.

Результаты. Разработана интеллектуальная система управления электропотреблением промышленного предприятия по производству хлебобулочных изделий в периоды ограничения мощности энергосистемы.

Ключевые слова: электропотребление, интеллектуализация, производство хлеба, энергоэффективность, прогнозирование, реактивная мощность.

Objective. *The aim of this article is the solution of urgent scientific problem of automated control of the electricity consumption trajectory of the bakery products enterprise during periods of restrictions of the power system through the development of intelligent control systems and forecasting of active and reactive power.*

Methods. *For problems solution the methods of theory of random processes, artificial intelligence, vector optimization and statistical modeling, as well as specialized software tools for forecasting costs of the reactive and active powers of the company were used.*

Results. *It was developed an intelligent control system of the electrical energy consumption of the industrial bakery products enterprise during periods of constrained power grid.*

Key words: *power consumption, intellectualization, bread production, energy efficiency, forecasting, power, reactive.*

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 532.135: [635.1/8:641.51.06]

Шейна А. В., аспірант¹

Мельник О. Є., канд. техн. наук., доцент¹

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

ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ РІЗАННІ В'ЯЗКО-ПРУЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

UDK 532.135: [635.1/8:641.51.06]

Sheyina A. V., PhD student¹

*Melnik O. E., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rih, Ukraine), e-mail: sheyina@donnuet.edu.ua

ENERGY COST SAVINGS BY VISCOELASTIC MATERIALS CUTTING

Мета статі — дослідження особливостей деформування в'язко-пружних систем, встановлення факторів впливу на енергетичні показники процесу різання, визначення можливості управління цими факторами.

Методи. Дослідження в'язко-пружних систем виконувалося за стандартною методикою двофазного тесту напруга — стиснення. Для дослідження впливу швидкості різання і кута різання на питомі зусилля була розроблена експериментальна установка, яка дозволяє в широкому діапазоні варіювати змінними факторами. Визначення зусиль відбувалося за допомогою тензорезисторів.

Результати. Розглянуто особливості різання рослинної сировини пластинчастим ножем. Визначено роботу на деформування в'язко-пружної системи. Надано опис в'язко-пружних систем та визначено роботу цих систем. Встановлено залежність зусилля різання від швидкості різання, кута різання, геометричних розмірів подрібнюваної сировини, особливостей її розташування відносно леза ножа. Надано рекомендації щодо можливостей управління факторами впливу та зниження енерговитрат при подрібненні рослинної сировини.

Ключові слова: в'язко-пружна система, робота, різання, швидкість різання, кут різання.

Постановка проблеми. У харчовій та овочерепереробній промисловості дуже поширеними є процеси подрібнення рослинної сировини. Їх застосовують для збільшення поверхні твердих матеріалів з метою прискорення дифузійних та біохімічних процесів при переробці сировини, здійснюють у разі необхідності відділення від загальної маси продукту певної його частини або за необхідності отримання продукту відповідного розміру чи форми. Різання, як технологічна операція, може бути як обов'язковим процесом при виробництві якого-небудь продукту, так і завершальною стадією, що визначає його зовнішній вигляд.

Важливим показником процесу подрібнення рослинної сировини є енерговитрати під час різання. Енерговитрати і потужність овочерізального устаткування — це одні з основних його характеристик. Правильний облік усіх факторів, що впливають на енерговитрати під час різання, має вирішальне значення при розробці конструкції овочерізальної машини, а знання причин, що сприяють збільшенню або, навпаки, зниженню енерговитрат, дозволить уникнути великої кількості помилок при проектуванні. Саме тому питання зменшення енерговитрат під час різання є актуальним і потребує всебічного дослідження й аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання зменшення енерговитрат при виконанні будь-яких технологічних операцій завжди знаходиться у центрі уваги багатьох до-

Надійшла до редакції 19.10.2017 р.

© А. В. Шейна, О. Є. Мельник, 2017

слідників. Вивченню підлягає як детальний аналіз і опис самого досліджуваного процесу (фізичний, аналітичний, математичний), так і встановлення залежностей між енергетичними складовими та факторами впливу.

Згідно зі ствердженням [2; 3], задача енергетичної оцінки різання зводиться до достовірного визначення модуля пружності і коефіцієнту тертя продукту по лезу ножа. Детально реологічні властивості рослинної сировини і фактори впливу на них досліджені в роботах [1; 5]. Доведено, що структурно-механічні властивості рослинної сировини по різному проявляються залежно від швидкості різання, нормального тиску на продукт під час обробки, температури сировини під час обробки та її вологовмісту.

На енерговитрати при різанні також здійснюють вплив товщина леза ножа, кут загошення ножа, шорсткість поверхні різальних фасок леза, товщина різі (глибина впровадження леза) і швидкість різання [4; 7–9]. Питання впливу геометричних характеристик ріжучого інструменту на зусилля різання розглянуто всебічно і має більш сталі залежності [5; 6; 10], у той час як вплив структури сировини, що обробляється, залежить від великої кількості факторів, які важко врахувати та передбачити. Питання визначення факторів впливу та можливості управління цими факторами потребує додаткового дослідження.

Метою статті є встановлення математичних залежностей впливу режиму різання, геометричних параметрів ножа та особливостей взаємного розташування подрібнюваної сировини і леза на питомі зусилля різання, аналіз результатів дослідів та надання рекомендацій щодо зниження енергетичних витрат при різанні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час різання на лезо ножа діють сили опору, величина яких визначає енергетичну складову процесу. Величина цих сил залежить від структурно-механічних властивостей сировини, що обробляється, геометричних характеристик ріжучого інструменту, режиму різання та різновиду відносного руху продукту і ножа.

Загальна робота A зовнішніх сил, що витрачається на подрібнення сировини, витрачається на деформацію об'єму матеріалу A_{cm} , яка передуює процесу різання, і на утворення нових поверхонь A_{piz} :

$$A = A_{cm} + A_{piz}. \quad (1)$$

На рис. 1 наведено діаграму $P_{piz} = f(t)$ статичного різання овочевої сировини, отриману експериментально, яка показує динаміку зміни зусилля різання під час просування різальної кромки ножа крізь шар продукту заданої товщини. Дослідження проводилися за встановленою методикою при постійній швидкості впровадження пластинчастого ножа, коефіцієнт ковзання $\beta = 0$ [1].

Умовно процес перерізання зразка продукту можна розділити на два етапи, які відповідають різним стадіям процесу: перший етап характеризує стискання досліджуваного зразка різальною кромкою ножа до досягнення межі міцності $\sigma_{кр}$, другий — безпосередньо відтворює рух ножа крізь шар продукту. Для кожного з етапів характерне деяке значення питомої роботи стиску A_{cm} і різання A_{piz} (рис. 1).

Роботу A_{cm} наглядно можна розглядати як площу першої ділянки діаграми, що є умовним трикутником з основою, яка дорівнює $h_{ст}$, і висотою, яка дорівнює критичній напрузі стиснення $\sigma_{кр}$.

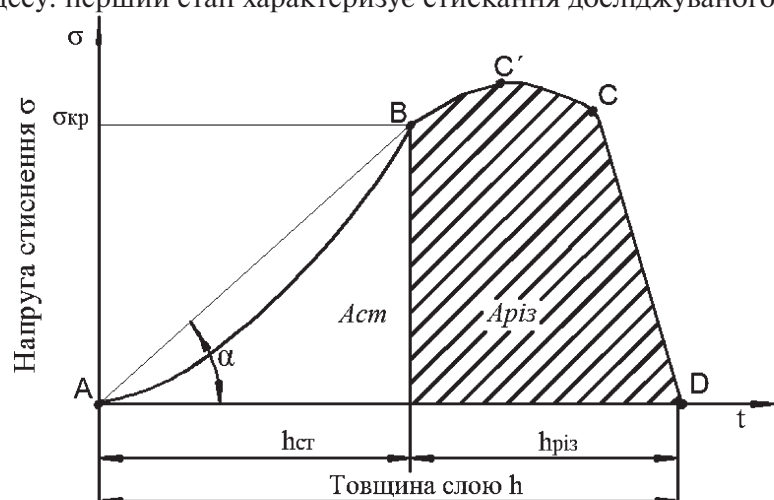


Рисунок 1 — Діаграма різання рослинної сировини при постійній швидкості впровадження ножа

На діаграмі різання: точка А відповідає початку контакту різальної кромки ножа з продуктом; ділянка АВ — попереднє стискання продукту різальною кромкою ножа до досягнення межі міцності, позначеної точкою В ($B = \sigma_{кр}$); точка В відповідає початку процесу різання. На ділянці АВ спостерігається зростання напруги стиску. На ділянці ВС відбувається перерізано попередньо стислого шару продукту і оболонки (шкірки), яка має значно більшу щільність порівнянні з м'якоттю. На цій ділянці спостерігаються максимальні зусилля різання. Ділянка діаграми CD відображує просування різальної кромки ножа через шар продукту і закінчення процесу різання.

Таким чином, робота стиснення A_{cm} залежатиме від структурно-механічних властивостей сировини, характеру прикладання рушійної сили та її швидкості й ін.

На величину роботи різання A_{piz} впливатимуть геометричні розміри ріжучого інструменту, реологічні та фрикційні властивості продукту, режим різання, відносний рух сировини та виконавчого механізму тощо.

Характер прояву структурно-механічних властивостей рослинної сировини визначають проведенням двофазного тесту напруги-релаксації [2]. Зразок досліджуваного матеріалу стискається між двома плоскопаралельними пластинами, одна з яких є нерухомою, а інша рухається з постійною швидкістю, стискаючи зразок досліджуваного матеріалу до зазначеної величині відносної деформації ϵ . Реологічні константи матеріалу визначатимуться шляхом аналізу та обробки кривих кінетики деформації при навантаженні і релаксації при різних значеннях напруження.

Згідно з класичною реологією овочева сировина відноситься до в'язко-пружних матеріалів, які описуються моделлю тіла Максвелла. Тіло Максвелла складається з послідовно сполучених елементів тіл Гука і Ньютона, які, відповідно, умовно позначаються пружиною та демпфером. Механічна модель тіла Максвелла наведена на рис. 2.

Тіло Максвелла поводить себе як пружне або як в'язке залежно від відношення тривалості часу релаксації матеріалу до тривалості експерименту. Під дією миттєвого навантаження (розтягування або стиску) демпфер не встигає рухатись, і система поводить себе як пружне тіло. Цей процес моделює поведінку овочевої сировини під час різання. Якщо система перебуває під постійним навантаженням, тобто підтримується розтягування або стискання пружини, вона поступово релаксує, надаючи рух демпферу, в такому випадку система поводить себе як ньютонівська рідина.

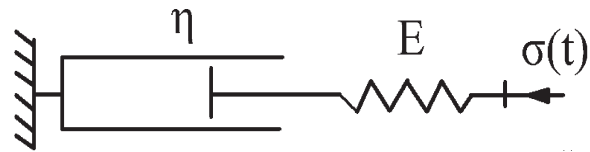


Рисунок 2 — Механічна модель тіла Максвелла

Реологічне рівняння Максвелла має вид [4]:

$$\dot{\sigma} + \frac{E}{\eta} \cdot \sigma = E \cdot \dot{\epsilon}, \quad (3)$$

де E — пружна характеристика системи (модуль пружності), H/m^2 ; η — в'язка характеристика системи (в'язкість), $\frac{\text{H} \times \text{с}}{\text{m}^2}$; σ — рушійна сила (напруга стиснення або розтягування), H/m^2 ; $\dot{\epsilon}$ — швидкість деформування системи, $\text{m}/\text{с}$, $\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt}$; $\dot{\sigma}$ — швидкість навантаження системи, $\text{m}/\text{с}$; $\dot{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt}$.

Робота деформування в'язко-пружної системи складатиметься з роботи, яка витрачається на деформування пружини A_n , і роботи, яка необхідна для деформування демпфера A_d , тобто:

$$A_{cm} = A_n + A_d. \quad (4)$$

При $\sigma(t) = \text{const}$ з урахуванням (3) робота деформування пружини визначатиметься за формулою:

$$A_n = \sigma \epsilon_1. \quad (5)$$

Роботу на деформування демпферу знайдемо, використовуючи формулу (6):

$$\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon(t)}{dt} = \frac{\sigma}{\eta}. \quad (6)$$

$$A_{\partial} = \int_0^{t_1} \sigma d\varepsilon(t) = \int_0^{t_1} \frac{1}{\eta} \sigma^2 dt = \frac{\sigma^2}{\eta} \cdot t_1. \quad (7)$$

Тоді повна робота на деформування в'язко-пружної системи визначатиметься таким чином:

$$A_{cm} = \sigma \cdot \varepsilon(t) = \sigma \left(\frac{\sigma t}{\eta} + \varepsilon_1 \right) = \frac{\sigma^2 t}{\eta} + \sigma \cdot \varepsilon_1. \quad (8)$$

Ущільнення шарів продукту різальною кромкою під час пересування ножа в шарі буде істотнішим при малих швидкостях різання. Збільшення швидкості супроводжуватиметься стрімкішим ущільненням шарів продукту. Зростання швидкості різання сприятиме зменшенню загальної роботи різання A за рахунок зменшення зусилля попереднього стиснення.

Роботу A_{piz} можна визначити за формулою:

$$A_{piz} = P_{piz} \cdot l, \quad (9)$$

де P_{piz} — зусилля різання, H ; l — товщина шару сировини, що перерізається, з урахуванням попереднього стиснення, тобто $l = (h - h_{cm})$ (рис. 1).

Енергетичне оцінювання процесу різання, яке характеризує його енергоємність, прийнято виконувати за показником питомої роботи різання, яка визначається за формулою:

$$A_{num} = \frac{A}{F}, \quad (10)$$

де F — площа перетину шару сировини, що перерізається, м.

З урахуванням того факту (9), що зі збільшенням швидкості різання робота стиснення A_{cm} зменшуватиметься (адже за високих швидкостей стиснення деформація, пов'язана із в'язкістю не встигатиме поновлюватися) і її вплив на процес різання стає менш значним, робимо висновок, що робота різання A_{piz} безпосередньо залежатиме від зусилля різання P_{piz} . Тому зниження зусилля різання буде однією з пріоритетних задач при зниженні енерговитрат на процес різання.

Зі збільшенням товщини шару сировини, що перерізається, питома робота різання зростатиме. Це пояснюється збільшенням витрат енергії на попереднє стискання продукту ножом, яке супроводжується перерозподілом внутрішніх деформацій. Збільшення тривалості процесу різання, тобто контакту продукту з різальною гранню ножа, також призводить до збільшення енергетичних показників процесу, що пов'язане зі зростанням витрат на тертя [5; 6].

Подібна ситуація, коли величина шару продукту, що перерізається, значна і чинить істотний вплив на енергетичні характеристики процесу різання, може виникнути при проектуванні спеціалізованого або універсального овочерізального устаткування з орієнтацією продукту відносно леза ножа за максимальним розміром (уздовж волокон). Це характерно для продуктів подовженої форми: моркви (нарізка моркви «по-корейски»), огірків, баклажанів, кабачків та ін. У такому разі при розрахунках і проектуванні устаткування виникає потреба в урахуванні залежності реологічних і фрикційних характеристик продукту від товщини шару, що перерізається.

На енергетичні показники процесу також чинитиме вплив орієнтація овочевої сировини відносно ріжучої грані ножа з урахуванням розташування шкірки. Слід зазначити, що цей фактор матиме більш виражене значення для рослинної сировини, що має досить тверду, щільну оболонку, яка за структурно-механічними показниками суттєво відрізняється від структури м'якоті. Прикладами такої сировини є кабачки, баклажани, гарбуз, кавуни та ін.

На рис. 3 показано зміну зусилля різання залежно від наявності твердої оболонки та її розташування відносно ріжучої кромки. Найбільше зусилля різання спостерігатиметься при

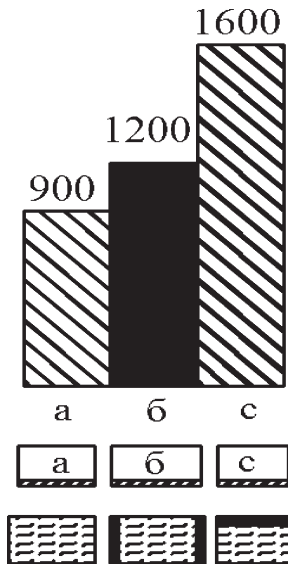


Рисунок 3 — Вплив розташування шкірки відносно леза ножа на зусилля різання, ($P_{різ}$, Н/м)

розташуванні оболонки безпосередньо на вході леза в шар сировини. Найменше зусилля різання матимемо при перерізанні м'якоті.

На рис. 4 показані графічні залежності зміни питомого зусилля різання деяких овочів у інтервалі швидкостей різання від 0,005 до 1,25 м/с, які були отримані експериментально.

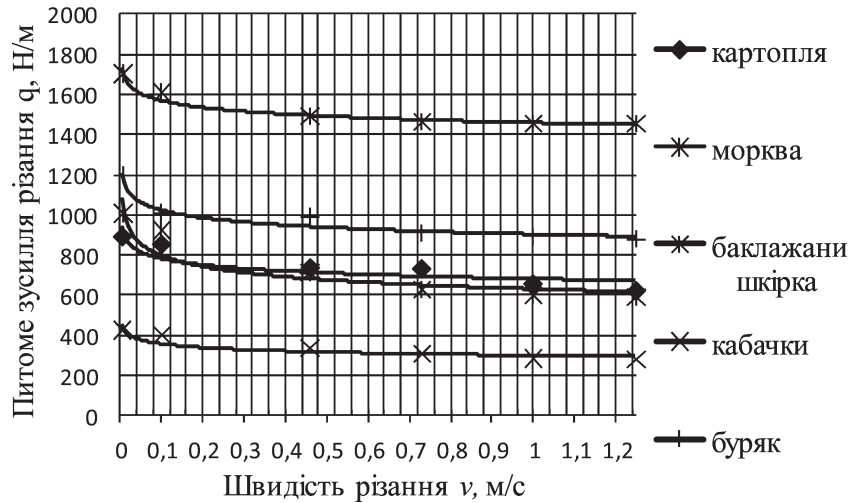


Рисунок 4 — Залежність питомих зусиль різання рослинної сировини від швидкості впровадження ножа

У зазначеному інтервалі швидкостей різання відзначається зменшення питомого зусилля різання овочевої сировини в 1,4...2 рази. Найбільш суттєве зниження величини $q_{пит}$ спостерігається в інтервалі швидкостей від 0,005 м/с до 0,2 м/с, після чого крива стає більш лінійною. Зниження питомого зусилля різання з підвищенням швидкості різання пов'язане із впливом на процес фрикційних і реологічних властивостей зразка подрібнюваного продукту.

На рис. 5 наведено вплив кута різання β на питомі зусилля різання овочевої сировини. Експериментально було визначено, що максимальні значення питомих зусиль різання спостерігатимуться при рубці.

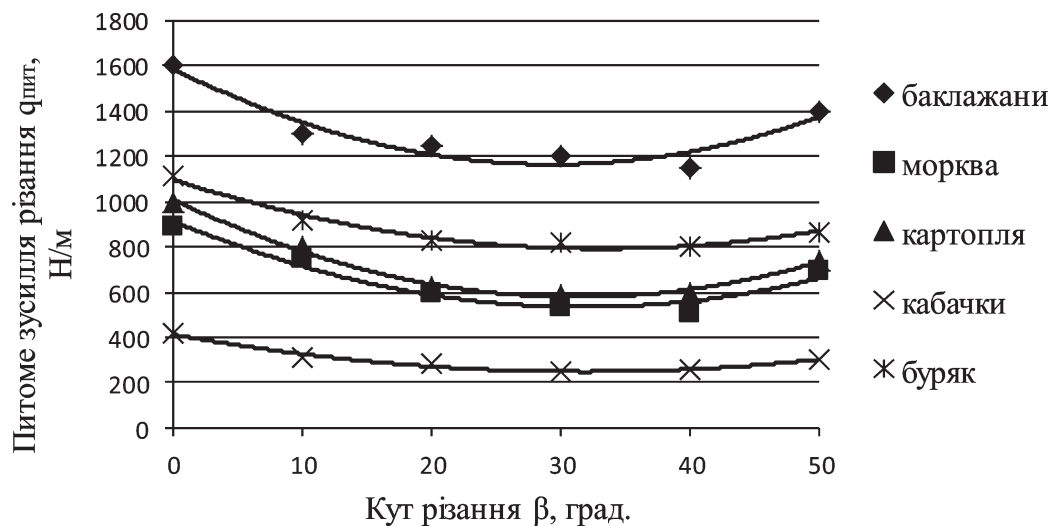


Рисунок 5 — Залежність питомих зусиль різання овочів від кута різання пластинчастим ножем

Зі збільшенням кута різання відбувається зниження питомих зусиль різання в середньому в 1,5...2 рази до величини, позначеної екстремумом функції, після чого спостерігається їх зростання. Наведені графічні залежності рекомендовано використовувати для визначення оптимальних кутів різання при проектуванні овочерізального устаткування.

Висновки. Знизити зусилля різання можна, регулюючи швидкість обертання ножів та підбираючи оптимальні параметри леза. У овочерізальних машинах продуктивністю 60–900 кг/год для подрібнення сирих овочів використовують лінійні швидкості обертання ножів від 0,3 м/с до 1,25 м/с. Згідно з отриманими математичними залежностями зі збільшенням швидкості ножа у зазначеному інтервалі питоме зусилля різання рослинної сировини знижується в 1,5 рази. При швидкостях різання менш ніж 0,3 м/с спостерігається поступове зростання питомих зусиль різання, а при швидкостях нижчих за 0,1 м/с, тобто при статичному різанні, це зростання має стрімкий характер.

Встановлено залежність питомих зусиль різання від особливостей розташування сировини відносно леза ножа. Визначено, що при подрібненні очищених від шкірки овочів зусилля різання будуть мінімальні, а при перерізанні плоду зі шкіркою — майже в два рази більше. Це слід враховувати при розрахунках на міцність ножів обладнання, адже ці розрахунки ведуться за максимальними значеннями зусиль різання.

Встановлено, що при подрібненні корнебульбоплодів оптимальним є кут різання від 30° до 50°, при різанні продуктів з високим вмістом вологи (кабачки, огірки) — від 20° до 30°. Ці дані слід враховувати при проектуванні ріжучих пристроїв овочерізок.

Дослідження факторів, які здійснюють вплив на різання овочевої сировини, ступеня їх впливу та уміння ними управляти надасть можливість створення сучасного енергоощадного, конкурентоспроможного овочерізального устаткування.

Список літератури/References

1. Заплетников, И. Н. Исследование реологического поведения овощей в условиях одноосного сжатия / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сборник статей Международной научно-практической конференции. — Минск : БГАТУ, 2013. — 453 с.

Zapletnikov, I. N., Sheyina, A. V. (2013). *Issledovanie reologicheskogo povedeniia ovoschey v usliviiah odnoosnogo szhatia* [Research of reological conduct of green-stuffs in the conditions of monaxonic compression]. Minsk, BGATU Publ., p. 453.

2. Gołacki, K. Stropiek, Z., Graboś, A. (1999). Test of stress relaxation in plant material under conditions of dynamic load-technical implementation. *Inzynieria Rolnicza*, no. 2, pp. 55–61.

3. Gubenia, O., Guts, V. (2010). Modeling of cutting of food products. *EcoAgroTourism*, no.1, pp. 67–71.

4. Sheyina, A., Goots, V. (2016). Cutting speed value during plant material grinding in food industry. *Ukrainian Journal Of Food Science*, vol. 4, iss. 1, pp. 111–119.

5. Заплетников, И. Н. Измельчение растительного сырья : монография / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина. — Харьков : Водный спектр Джи-Ем-Пи, 2016. — 205 с.

Zapletnikov, I. N., Sheyina, A. V. (2016). *Izmelchenie rastitelnogo syrya* [Grinding plant material]. Kharkiv, Vodniy spektr J-M-P Publ., 205 p.

6. Заплетников И. Н. Экспериментальные исследования процесса резания растительных материалов / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина, А. В. Гордиенко // Актуальные вопросы современной науки : сборник научных трудов. — 2014. — Вып. 33. — С. 52–62.

Zapletnikov, I. N., Sheyina, A. V., Gordienko, A. V. (2014). *Eksperymentalnye issledovania protsessa rezania rastitelnyh materialov* [Experimental researches process of cutting of vegetable materials]. *Aktualnye voprosy sovremennoy nauki*, is. 33, pp. 52–62.

7. Гуць, В. Определение усилия резания продуктов с разными структурно-механическими свойствами / В. Гуць, А. Губеня // Научни трудове на VXT, том 57, свитък 2. — Пловдив. — 2010. — С. 411–416.

Guts, V., Gubenua, A. (2010). *Opredelenie usiliia rezaniia produktov s raznymi strukturno-mekhanicheskimi svoystvami* [Determination effort of cutting products with different reological properties], *Nauchni trudove na UHT*, vol. 57, part 2, pp. 411–416.

8. Горюшинский В. С. Определение усилия резания корнеклубнеплодов барабанными измельчителями / В. С. Горюшинский // Механизация заготовки, приготовления и раздачи кормов : сборник научных работ. — Саратов, 1982. — С. 100–106.

Goryushinskiy, V. S. (1982). *Opredelenie usiliia rezaniia korneklubneplodov barabannymi izmelchiteliami* [Determination effort of cutting vegetables drum grinding]. *Mehanizatsiya zayuuyvki, prigotovleniya i razdachi kormov*. Saratov, pp.100–106.

9. Горелков, Д. В. Розробка ресурсозберігаючого процесу очищення плодів перцю солодкого та його апаратурне оформлення : дис. ... канд. наук : 05.18.12 / Горелков Д. В.. — Харків, 2009. — 168 с.

Gorelkov, D. V. (2009). *Rozrobka resursozberihayuchogo protsesu ochischennya plodiv pertsii solodkoho ta yoho aparaturne oformlennia* [Development of process cleaning garden-stuffs of pepper sweet and him apparatus registration]. Kharkyv, 168 p.

10. Левіт, І. Б. Реологія харчових продуктів : монографія / І. Б. Левіт, В. О. Сукманов. — Донецьк : ДонНУЕТ, 2012. — 408 с.

Levit, I. B. & Sukmanov, V. O. (2012). *Reologiya harchovih produktiv* [Reology of food products]. Donetsk, DonNUET, 408 p.

Цель статьи — исследование особенностей деформирования вязко-упругих систем, анализ факторов влияния на энергетические показатели процесса резания, определение возможностей управления этими факторами.

Методы. Исследование вязко-упругих систем осуществляется по стандартной методике двухфазного теста напряжение-сжатие. Для исследований влияния скорости резания и угла резания на удельные усилия резания была разработана экспериментальная установка, позволяющая в широком диапазоне варьировать переменными факторами влияния. Во время экспериментов усилия замерялись тензодатчиками.

Результаты. Рассмотрены особенности резания растительного сырья пластинчатым ножом. Определена работа, затрачиваемая на деформирование вязко-упругой системы. Установлена зависимость усилий резания от скорости резания, угла резания, геометрических размеров измельчаемого сырья и особенностей его размещения относительно лезвия ножа. Даны рекомендации относительно возможностей управления факторами влияния и снижения энергозатрат при измельчении растительных материалов.

Ключевые слова: вязко-упругая система, работа, резание, скорость резания, угол резания.

Objective. Research of the deformation features of the viscoelastic systems. Establishment of the influence factors on the power indexes of the cutting process. Determination of possibility of management these factors.

Methods. Research of the viscoelastic systems executed after the standard method of diphasic creep-recovery test. For research of the influence of the cutting speed and cutting corner on specific efforts the experimental setting which allows in a wide range to vary variable factors was developed. During the experiments the forces were measured by tenzorezistors.

Results. In this paper, the features of cutting vegetable materials with a plate knife are considered. The work on deformation viscoelastic models is determined. The dependence of the cutting effort on the cutting speed, the corner, geometrical sizes of the raw material and the features of its location concerning the knife is set. The recommendations regarding possibilities of the influence management and power cost saving factors by grinding plant materials are given.

Key words: viscoelastic system, work, cutting, cutting speed, cutting corner.

УДК 641.512

Шейна А. В., аспірант¹

Мельник О. Є., канд. техн. наук., доцент¹

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПРИ РІЗАННІ

UDK 641.512

Sheyina A. V., PhD student¹

*Melnik O. E., PhD in Engineering sciences,
Associate Professor¹*

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

RESEARCH OF THE FRICTION PROPERTIES OF THE PLANT RAW MATERIAL BY CUTTING

Мета статті — дослідження фрикційних властивостей рослинної сировини за умов її подрібнення із застосуванням овочерізок дискового типу, встановлення впливу на зусилля тертя швидкості ковзання, тривалості контакту пар тертя та надання рекомендацій щодо урахування факторів впливу під час проектування овочерізного обладнання.

Методи. Для досліджень розроблено та виготовлено експериментальну установку дискового типу, яка дозволяє в широкому інтервалі змінювати швидкість ковзання і всебічно досліджувати фрикційні властивості харчових продуктів. Визначення зусиль відбувалося тензометричним способом із використанням сучасного обладнання та ліцензійного програмного забезпечення.

Результати. Встановлено вплив тривалості контакту пар тертя на величину зусилля різання. Для процесів подрібнення рослинної сировини, які є короткотривалими, рекомендовано використовувати миттєвий коефіцієнт тертя, який в інтервалі швидкостей від 0,75 до 2,6 м/с зменшується.

Встановлено залежність впливу швидкості ковзання на фрикційні властивості сировини. Отримано математичне рівняння, яке описує цей процес. Визначено, що збільшення швидкості ковзання призводить до зменшення зусилля тертя.

Дослідним шляхом встановлено вплив на зусилля тертя температури сировини під час обробки та тривалості її зберігання. Ці фактори призводять до збільшення сил опору сировини, що обробляється, тому мають враховуватися при різанні.

Ключові слова: різання, фрикційні властивості, рослинна сировина, ковзання.

Постановка проблеми. Технологія різання більшості харчових продуктів досить складна. Це обумовлено особливостями самого процесу різання, структурною будовою харчових продуктів, різноманітністю і непостійністю їх структурно-механічних властивостей. Залежно від властивостей подрібнюваної сировини і характеру їх прояву в умовах здійснення технологічного процесу обирають спосіб різання, різновид різального інструменту, швидкість різання, спосіб подачі продукту тощо.

При різанні рослинної сировини на ніж з боку продукту діють сила опору матеріалу, що розрізається, і сила тертя. Сила опору залежить від реологічних властивостей сировини і зазвичай характеризується модулем пружності. Тертя — це також своєрідний опір, який виникає при переміщенні поверхні одного тіла по поверхні іншого, що супроводжується характерним переходом механічної енергії в теплову вздовж контактної поверхні. Він залежить від взаємодії зовнішніх поверхонь дотичних матеріалів. Окрім того, існує багато факторів, які також здійснюють вплив на фрикційні властивості рослинної сировини.

Надійшла до редакції 20.10.2017 р.

© А. В. Шейна, О. Є. Мельник, 2017

вини. Дію цих факторів слід враховувати при проектуванні овочерізального обладнання, адже тертя при різанні визначає енергетичну складову процесу, тому зниження зусилля тертя є одним із пріоритетних завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню впливу фрикційних властивостей твердих харчових продуктів, у тому числі овочевої сировини, на протікання різних технологічних процесів присвячено багато наукових робіт.

У роботі [1] проводилися дослідження фрикційних властивостей хліба залежно від питомого навантаження, швидкості ковзання та часу витримки продукту. В роботі [3] визначалися коефіцієнти тертя для перцю солодкого. У роботі [2] визначалися коефіцієнти тертя для буряка при різних швидкостях ковзання, але ці дані неможливо використовувати для розрахунків технологічного обладнання харчової промисловості, адже зазначений інтервал швидкостей для нього не є характерним.

У наукових роботах багатьох вчених відзначено зміну величини коефіцієнта тертя різних матеріалів при тривалому контакті пар тертя, тобто $f_{mp} = f(\tau)$, де τ — тривалість контакту. Основний масив досліджень у цій сфері відведений тертю металів, стосовно рослинної сировини це питання майже не досліджено.

Аналіз останніх досліджень стосовно фрикційних характеристик харчових продуктів та їх прояву під час здійснення технологічних процесів встановив істотні відмінності в методиці і приладах, використовуваних для проведення досліджень [6–8]. Це не дозволяє систематизувати дані щодо коефіцієнтів тертя навіть для однієї групи харчових продуктів. Таким чином, існує потреба в проведенні комплексного дослідження за умов, які максимально моделюють реальний процес різання в дискових овочерізках.

Мета статті — дослідження фрикційних властивостей овочевої сировини та факторів, які здійснюють вплив на них під час подрібнення в овочерізальному устаткуванні дискового типу, що застосовується підприємствами харчової промисловості, встановлення залежності зміни коефіцієнта тертя від тривалості контакту пар тертя, отримання математичних залежностей для опису процесу і розрахункових величин для проектування технологічного обладнання, його деталей та вузлів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз особливості роботи овочерізальних машин, згідно з класичною теорією тертя твердовидних матеріалів, дозволив встановити, що на фрикційні властивості рослинної сировини під час подрібнення здійснюватимуть вплив:

- швидкість відносного переміщення сировини і ножа,
- нормальний тиск на продукт;
- структурно-механічні властивості сировини;
- температура сировини під час обробки;
- площа контакту;
- тривалість контакту (ковзання);
- стан поверхонь контакту (шорсткість);
- час витримки (зберігання) сировини.

Існує декілька загальноприйнятих методик і типів лабораторних установок для визначення коефіцієнтів тертя овочевої сировини, проте не всі з них можуть в точності відтворити ті умови, які мають місце в овочерізальних машинах. Отже, виникла потреба в розробці експериментального обладнання і методики для дослідження фрикційних властивостей овочевої сировини в умовах, максимально наближених до режимів роботи овочерізальної машини. Основним елементом установки є горизонтальна поверхня, що обертається зі швидкістю, величину якої можна варіювати в широкому інтервалі. На поверхні в спеціальному утримувачі встановлюється зразок досліджуваної сировини, який притискається до поверхні із зусиллям 3 кПа. Силу тертя, яка виникає при відносному русі поверхні і продукту, реєструють тензорезистори, сигнал від яких через аналого-цифровий перетворювач та підсилювач передається на комп'ютер і обчислюється за допомогою спеціального програмного забезпечення [4; 5]. Установка дозволяє при визначенні зусилля тертя варіювати швидкостями ковзання, навантаженням на продукт, а також змінювати матеріал поверхні контакту.

Проведені дослідження фрикційних властивостей рослинної сировини дозволяють стверджувати, що залежність $f_{mp} = f(\tau)$ має нелінійний характер (рис. 1).

Умовно криву АС можна розділити на дві ділянки: АВ і ВС. На початку руху — точка А — питоме зусилля тертя буде дещо вище, оскільки для виведення продукту зі стану рівноваги необхідно докласти більше зусилля, ніж в наступний момент часу.

При подальшому сталому русі продукту, згідно з класичною теорією, зусилля тертя має знижуватися пропорційно збільшенню швидкості, що пояснюється зміною шорсткості дотичних поверхонь. Проте, згідно з рис. 1, зусилля тертя знижується на ділянці АВ лише упродовж дуже незначного проміжку часу, фізичне значення і тривалість якого залежать від виду продукту, його структурної будови, вологовмісту, зусилля притискання до контактної поверхні, швидкості взаємодії пар тертя тощо. Для рослинної сировини на цій ділянці $\tau \rightarrow 0$.

На ділянці кривої ВС відзначається стрімке зростання сили тертя з часом. Згідно з рис. 1, ділянка АВ < ВС. Тут варто зазначити наступне. Овочева сировина — це продукція, що має високу вологість. Так, вологість моркви, залежно від сорту, складає 86–91 %, баклажанів — 85–90 %, кабачків — 95 %. При розрізанні продукту пошкоджується велика кількість клітин, що супроводжується значним виділенням соку. Сік, що виступив на поверхні зрізу, є своєрідним граничним мастилом. При зіткненні зразка продукту з поверхнею диска, що обертається, в контакт в першу чергу вступає сік, що виділився, який має деяку в'язкість. Це обумовлює зниження зусилля тертя упродовж деякого періоду часу контактування. Оскільки поверхня диска шорстка, то при наступному відносному русі продукту частина соку, що виділився, заповнює мікронерівності поверхні, залишається на ній. Цей процес легко можна спостерігати візуально, оскільки поверхня диска залишається вологою. Таким чином, можна сказати, що граничне мастило ніби «стирається» поверхнею. При тривалому контакті зразка продукту з поверхнею граничного мастила залишається все менше, що спричиняє зростання зусилля тертя. У зоні контакту виникають теплові процеси, характерні для фрикційної взаємодії двох поверхонь, які сприяють більшому «висушуванню» клітинного соку.

Таким чином, динаміка зміни питомого зусилля тертя від тривалості контактування безпосередньо залежатиме від вологості досліджуваного продукту. Чим вище вологість продукту, тим більше буде інтервал часу, впродовж якого зусилля тертя залишатиметься мінімальним. При тривалому контакті продукту з поверхнею зусилля тертя збільшуватиметься. Відповідно до характеру протікання технологічного процесу і тривалості контакту продукту з виконавчими пристроями технологічного устаткування величина сили тертя буде різною.

Розглядаючи процес різання рослинної сировини в овочерізальному устаткуванні дискового типу, відмітимо невелику тривалість контакту продукту з ножом. Так, якщо ножовий диск обертається зі швидкістю 225 об/хв, то за 1 секунду одним лезом здійснюється 3,75 різів, а на один різ витрачається 0,266 секунди. Якщо врахувати, що така швидкість обертання ножів є мінімально використовуваною в овочерізальному устаткуванні, то можна припустити, що продукт знаходиться у контакті з лезом ножа максимум 0,235 секунд і зі збільшенням швидкості ковзання тривалість контакту знижуватиметься.



Рисунок 1 — Криві зміни коефіцієнту тертя в часі при постійній швидкості ковзання:

1 — баклажани, 2 — морква, 3 — кабачки

У зв'язку з цим виникла необхідність введення поняття миттєвого і тривалого коефіцієнтів тертя. Миттєвий коефіцієнт тертя f_m характерний для початкового моменту часу відносного ковзання пар тертя і визначається в точці А (рис. 1), оскільки на ділянці АВ $\tau \rightarrow 0$, а проектування обладнання рекомендовано вести за найбільшими значеннями розрахункових величин. Миттєвий коефіцієнт тертя є довідковою величиною, і його чисельне значення для деяких овочів наведено в табл. 1.

Тривалий коефіцієнт тертя f_T визначається на ділянці ВС, де його залежність від часу носитиме лінійний характер:

$$f_T = k' \cdot \tau + C_1, \quad (1)$$

де k' і C_1 — коефіцієнти, які визначаються експериментально.

Для процесів різання рекомендується використовувати миттєвий коефіцієнт тертя f_m , який для досліджуваних овочів складає: морква — 0,139, кабачки — 0,073, буряк столовий — 0,188, картопля — 0,162, баклажани — 0,212.

Експериментальні дослідження показали, що залежність коефіцієнта тертя від швидкості ковзання має лінійний характер. При збільшенні швидкості ковзання від 0,75 до 2,66 м/с спостерігається зниження коефіцієнта тертя овочів по сталі в середньому в 1,2...1,5 рази. У зазначеному інтервалі збільшення швидкості ковзання призводить до зниження коефіцієнта тертя по сталі для картоплі від 0,16 до 0,13, для огірків — від 0,11 до 0,08, для буряка — від 0,19 до 0,15, для кабачків — від 0,07 до 0,06. У табл. 1 наведено рівняння, які описують цей процес для деяких видів рослинної сировини. Ці рівняння є типовими для вказаної групи овочів.

Таблиця 1 — Рівняння кривої, що описують залежність коефіцієнта тертя від швидкості ковзання для овочів

Продукт	Рівняння кривої	Достовірність апроксимації R^2
Морква	$-0,005 v + 0,115$	0,931
Кабачки	$-0,002 v + 0,076$	0,969
Картопля	$-0,006 v + 0,170$	0,978
Огірки	$-0,006 v + 0,169$	0,978
Буряк	$-0,008 v + 0,196$	0,946
Загальний вид рівняння кривої	$f = k'' \cdot v + C''$	0,93...0,97

Зниження величини коефіцієнтів тертя при збільшенні швидкості ковзання можна пояснити тим, що зі збільшенням швидкості відбувається зміна шорсткості поверхонь контактування. Дискретний характер контакту, що має місце при зіткненні двох твердих тіл, обумовлює під час тертя постійну зміну окремих елементарних точок контакту. В такому випадку кожен елементарний контакт має три етапи еволюції: взаємодія, зміна, руйнування. Тривалість існування елементарного контакту залежить не лише від швидкості відносного пересування пари тертя, але й від фізико-механічних властивостей дотичних матеріалів і стану поверхонь, що труться.

При пружному контакті окремі поверхневі виступи мають значно велику жорсткість в тангенціальному напрямі, ніж в нормальному. Це призводить до їх «вминання» із захопленням прилеглих зон матеріалу. Під впливом сил пружності виступ випрямляється і, здійснюючи коливання, стикається з іншими виступами. У результаті виникають звукові коливання. При недосконалої пружності контакту збільшення швидкості ковзання призводить до того, що проміжок часу між двома імпульсами стає недостатнім для повного випрямлення виступу, що призводить до зміни шорсткості поверхні — вона ніби-то вигладжується. Оскільки відбувається зростання площі фактичного дотику зі спливом часу, то зі збільшенням швидкості ковзання зменшується тривалість контакту і, відповідно, зменшується площа торкання. Це призводить до зниження коефіцієнта тертя.

Згідно з експериментальними даними, економічно доцільно використовувати швидкості різання від 0,3 м/с, адже це сприяє зниженню зусилля тертя.

Експериментально доведена залежність коефіцієнтів тертя рослинної сировини від її температури. У табл. 2 надані загальне рівняння кривої, яка описує залежність величини коефіцієнта тертя від температури, і довідкові коефіцієнти для деяких овочів.

Таблиця 2 — Рівняння кривої та довідкові коефіцієнти для визначення впливу температури на коефіцієнти тертя овочів

Продукт	Коефіцієнт c_1	Коефіцієнт c_2	Достовірність апроксимації R^2
$f = c_1 \cdot t + c_2$			
Морква	0,004	0,268	0,951
Кабачки	0,004	0,212	0,981
Картопля	0,003	0,231	0,967
Огірки	0,002	0,209	0,986
Баклажани	0,005	0,338	0,980

Експериментально доведено, що при зниженні температури продукту від 20°C до криоскопічної відбувається збільшення коефіцієнта тертя досліджуваних овочів по сталі таким чином: моркви — в 2,02 раза (від 20 до -1 °C), буряка — в 1,58 раза (від 20 до 1,3 °C), баклажанів — в 1,67 раза (від 20 до -0,7 °C), картоплі — в 1,6 раза (від 20 до -1,5 °C), кабачків — в 1,5 раза (від 20 до -0,5 °C), огірків — в 1,47 раза (від 2 до -0,5 °C).

Зниження температури сировини сприяє збільшенню в'язкості рідини, яка міститься в ній. Це надає більшу твердість волокнам і, відповідно, самій структурі. У соковитих плодах на межі процесу льодоутворення в міжклітинному просторі ще міститься багато рідини, яка утворює плівку на межі контакту, тому коефіцієнт тертя такої сировини нижчий.

У плодах і овочах, для яких передбачене тривале зберігання, відбуваються різноманітні процеси: фізичні, біохімічні, хімічні, що чинять безпосередній вплив на структурні зміни в продукті. Це, у свою чергу, спричиняє зміненню структурно-механічних і реологічних властивостей сировини.

З фізичних процесів найбільш суттєве значення мають випаровування вологи і зміна температури. Свіжі плоди і овочі багаті водою, мають великі розміри клітин, незначну товщину покривних тканин, містять мало колоїдних речовин, і тому при зберіганні інтенсивно втрачають вологу, що призводить до зменшення маси, в'янення. Витрати вологи залежать від питомої поверхні плодів і овочів, міри зрілості, повітрообміну, механічних ушкоджень, способу і режиму зберігання.

Для кожного виду овочевої продукції є свої оптимальні умови зберігання, відображені у відповідних ДСТУ.

За результатами проведених досліджень було встановлено, що збільшення терміну зберігання досліджуваних овочів спричиняє зміну їх фрикційних властивостей. Так, для моркви при збільшенні тривалості зберігання від 10 діб до 2 місяців спостерігалось збільшення коефіцієнта тертя в 1,14 раза; для буряка при збільшенні тривалості зберігання від 15 діб до 2 місяців — в 1,2 раза; для картоплі при збільшенні тривалості зберігання від 3 до 6 місяців — в 1,1 раза. Таким чином, на обробку продукції з великим терміном зберігання необхідно витратити більшу кількість енергії.

На рис. 2 показана гистограма зміни величини коефіцієнтів тертя по сталевій поверхні для моркви, буряка і картоплі при швидкості ковзання 0,4 м/с. Дослідження проводилися для продукту, тривалість зберігання якого складала 7 діб, 2 місяці (з урахуванням вимог ДСТУ) і більше 2-х місяців з порушенням вимог ДСТУ. Встановлено, що при дотриманні вимог до зберігання овочевої продукції (температура, вологість, вентиляція та ін.) динаміка зміни коефіцієнта тертя з часом менше, ніж за таких самих термінів зберігання, але з порушенням температурного режиму і параметрів вологості.

Тобто тривалість зберігання рослинної сировини, навіть за умови дотримання режимів зберігання відповідно до ДСТУ, сприяє збільшенню коефіцієнтів тертя. Оскільки передбачувані стандартом режими сприяють її максимальному збереженню, то можна

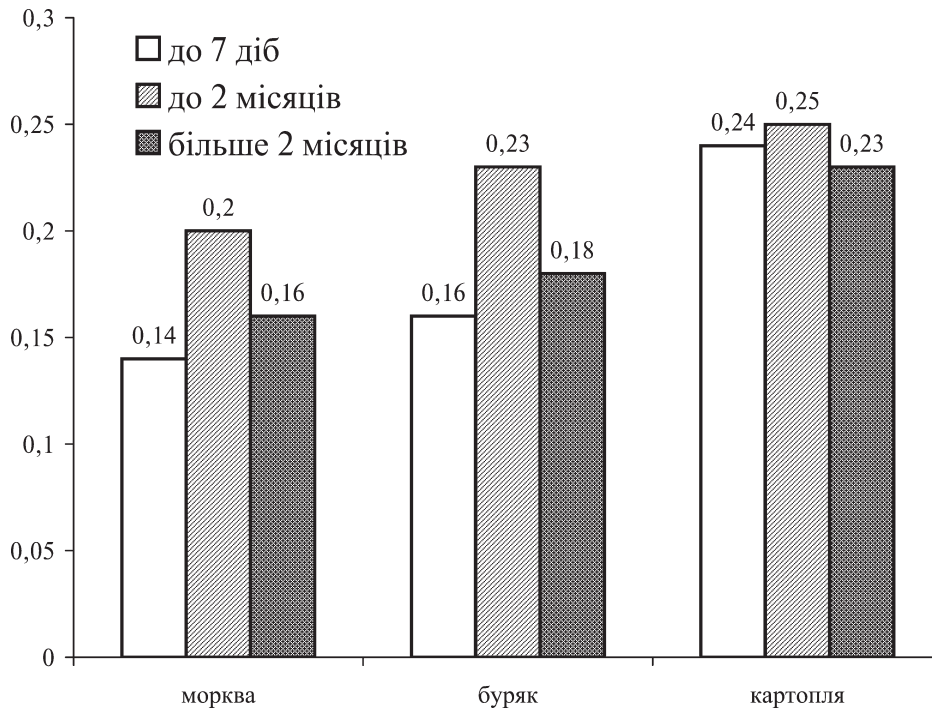


Рисунок 2 — Вплив тривалості зберігання на фрикційні властивості овочів

припустити, що за визначений термін структура сировини зазнає незначних змін, проте наявність факту зміни значень коефіцієнтів тертя овочів через збільшення тривалості їх зберігання слід враховувати.

Висновки. Встановлено залежність коефіцієнта тертя овочевої сировини від тривалості контакту пар тертя: на початку відносного руху коефіцієнт тертя знижується впродовж досить нетривалого періоду часу, що обумовлене наявністю граничного змащення поверхні тертя соком, що виділився з продукту, після чого спостерігається його стрімке зростання. Рекомендовано для розрахунків овочерізального обладнання використовувати миттєвий коефіцієнт тертя, що обумовлене короткотривалістю технологічної операції. Для подрібнення плодів подовженої форми вздовж максимального геометричного розміру рекомендовано використовувати в розрахунках тривалий коефіцієнт тертя, який є функцією часу.

Встановлено, що на величину коефіцієнта тертя впливає температура сировини під час обробки, але це має більше значення при подрібненні сировини, температура якої близька до криоскопічної — в середньому майже в 2 рази. При температурах сировини, що більша за 10 °С, коефіцієнт тертя також збільшується, але несуттєво.

Встановлено вплив на зусилля тертя прояву ознак в'янення сировини, яка подрібнюється. При тривалому терміні зберігання зусилля тертя рослинної сировини збільшуються. Це залежить від ступеня в'янення, виду сировини та її вологовмісту. Подрібнення сировини, терміни зберігання якої перевищують норми ДСТУ, є неприпустимим і призводить як до збільшення енерговитрат на різання, так і до погіршення якості нарізки.

Зменшення зусилля тертя під час різання є одним із пріоритетних напрямків при проектуванні овочерізального устаткування, адже цей фактор безпосередньо впливає на величину питомих зусиль різання.

Список літератури/References

1. Губеня, О. О. Удосконалення процесу різання хліба з врахуванням впливу його структурно-механічних властивостей : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12. — Київ : НУХТ, 2008. — 22 с.

Hubenya, O. O. (2008). *Udoskonalennia protsesu rizannia khliba z vrakhuvanniam vplyvu yoho strukturno-mekhanichnykh vlastyvostey* [Improvement of process of cutting of bread taking into account influence of him structurally mechanical properties]. Kiev, NUKhT Publ., 22 p.

2. Горюшинский, В. С. Совершенствование резания корнеплодов с обоснованием параметров измельчителя : автореф. дис. ... канд. тех. наук / Горюшинский В. С. — Пенза, 2004. — 13 с.

Goryushinskiy, V. S. (2004). *Sovershenstvovanie rezaniia korneplodov s obosnovaniem parametrov izmelchiteia* [Perfection of cutting of root crops with the ground of parameters of grinding down]. Penza, 13 p.

3. Дейниченко, Г. В. Удосконалення комбінованих способів переробки баклажана та перцю солодкого : монографія / Г. В. Дейниченко, О. Г. Терешкін, Д. В. Горелков. — Харків, 2011. — 224 с.

Deynychenko, H. V., Tereshkin, O. H., Horyelkov, D. V. (2011). *Udoskonalennia kombinovanykh sposobiv pererobky baklazhana ta pertsyu solodkoho* [An improvement of the combined methods of processing is an egg-plant and pepper sweet]. Kharkiv, 224 p.

4. Заплетников, И. Н. Исследование факторов, влияющих на фрикционные свойства овощей / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина // Рыбное хозяйство Украины. — 2012. — № 7. — 64 с.

Zapletnikov I. N., Sheyina A. V. (2012). *Issledovanie faktorov, vliyaushih na friktsionnye svoystva ovoschey* [Research of factors, influencing on friction properties of green-stuffs]. *Rybnoe hoziaictvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine], no. 7, 64 p.

5. Заплетников, И. Н. Измельчение растительного сырья : монография / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина. — Харьков : Водный спектр Джи-Ем-Пи, 2016. — 205 с.

Zapletnikov, I. N., Sheyina, A. V. (2016). *Izmelchenie rastitelnogo syrya* [Grinding of plant raw materials]. Kharkov, Vodniy spektr Dzhi-Em-Pi Publ., 205 p.

6. Ялпачик, В. Ф. Коэффициент трения некоторых видов плодовоовощной продукции / В. Ф. Ялпачик, С. Ф. Буденко // Холодильна техніка і технології. — 2007. — № 2 (106). — С. 68–74.

Yalpachik, V. F., Budenko, S. F. (2007). *Koeffitsient treniia nekotoryih vidov plodoovoschnoy produktsii* [Coefficient of friction of some types of fruit and vegetable products]. *Holodilna tehnika i tehnologiya* [Refrigeration technique and technologies], no. 2 (106), pp. 68–74.

7. Molenda, M., Thompson, S. A. & Ross, I. J. (2011). Friction of wheat on corrugated and smooth galvanized steel surfaces. *Jagric. Engng Res.*, vol. 77 (2), pp. 209–219.

8. Puchalski C., Brusewitz G. H., Dobrzański B. (2002). Relative humidity and wetting affect friction between apple and flat surfaces, *Int. Agrophysics*, 2 (16), pp. 67–71.

Цель статьи — исследование фрикционных свойств растительного сырья при его измельчении в овощерезках дискового типа, установление влияния на усилие трения скорости скольжения и длительности контакта пар трения, предоставление рекомендаций относительно учета факторов влияния при проектировании овощерезательного оборудования.

Методы. Для проведения исследований разработана и изготовлена установка дискового типа, которая позволяет в широком интервале изменять скорость скольжения и всесторонне исследовать фрикционные свойства пищевых продуктов. Определение усилий осуществляется тензометрическим способом с использованием современного оборудования и лицензионного программного обеспечения.

Результаты. Установлено влияние длительности контакта пар трения на величину усилия резания. Для процессов измельчения растительного сырья, которые являются кратковременными, рекомендовано использовать мгновенный коэффициент трения, который в интервале скоростей от 0,75 до 2,6 м/с уменьшается. Установлена зависимость влияния скорости скольжения на фрикционные свойства сырья. Получено математическое уравнение, которое описывает этот процесс. Определено, что увеличение скорости скольжения приводит к уменьшению усилия трения.

Опытным путем установлено влияние на усилие трения температуры сырья во время обработки и длительности его хранения. Эти факторы приводят к увеличению сил сопротивления обрабатываемого сырья, потому должны учитываться при резании.

Ключевые слова: резание, фрикционные свойства, растительное сырье, скольжение.

Objective. Research of the friction properties of raw material products by its grinding in cutter machines of disk-type. Determination of influence on effort of friction speed sliding and duration of contact pair friction. Recommendations providing regarding the consideration of factors by designing of the vegetable cutting equipment.

Methods. To conduct the research, a disk type system that allows to change the sliding speed over a wide range and to investigate thoroughly the frictional properties of food products has been designed and manufactured. Determination of efforts is carried out by tenzometric method using modern equipment and licensed software.

Results. The influence of the contact duration of the friction pair on the size of cutting effort is set. For the momentary grinding processes of the vegetable raw materials it is recommended to use the instantaneous coefficient of friction, which diminishes in the interval of speeds from 0,75 to 2,6 m/s. The dependence of influence of the sliding speed on friction properties of the raw material is set. Mathematical equalization which describes this process is got. It is determined, that the sliding speed increase brings to the effort friction contracting. The influence of temperature on the friction force during feed processing and storage duration is experimentally determined. These factors lead to an increase in the resistance forces of the processed raw materials, so they must be taken into account when cutting.

Key words: cutting, friction properties, plant raw materials, sliding.

УДК 338.439: [338.439.54: (316.485.26+504.4+796.51)](045)

Коренець Ю. М.,¹

Єріс Ю. В.,¹

Зайченко Ю. В.¹

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

ПИТАННЯ ПРОДОВОЛЬЧОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЮДИНИ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

UDC 338.439: [338.439.54: (316.485.26+504.4+796.51)] (045)

Korenets Yu. M.,¹

Yeris Yu. V.,¹

Zaichenko Yu. V.,¹

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky (Kryvyi Rig, Ukraine), e-mail: korenec@donnuet.edu.ua

THE ISSUE OF HUMAN FOOD SUPPLY IN THE FIELD CONDITIONS

Мета. Метою статті є визначення напрямків підвищення якості продовольчого забезпечення харчування людини в польових та екстремальних умовах під час бойових дій, надзвичайних ситуацій, польових навчань, польових досліджень, туристичних походів тощо.

Методи. Застосовано загальноприйняті технологічні, фізико-хімічні, біохімічні, мікробіологічні та органолептичні методи визначення якості продовольчої продукції спеціального призначення.

Результати. Проведено різнобічну порівняльну характеристику індивідуальних раціонів харчування військовослужбовців різних країн. Сформульовано вимоги до сучасного сухого пайка. Визначено напрямки підвищення якості харчування людини в польових та екстремальних умовах життєдіяльності. Особу увагу приділено питанню наявності в індивідуальних раціонах харчування хліба та його замінників. Розглянуто питання зміни рецептур традиційних продуктів з метою підвищення їх харчової та біологічної цінності.

Надійшла до редакції 27.10.2017 р. © Ю. М. Коренець, Ю. В. Єріс, Ю. В. Зайченко, 2017

Ключові слова: польові умови, індивідуальний раціон харчування, сухий пайок, недоторканий запас продовольства й питної води.

Постановка проблеми. Проблема раціонального харчування для збереження здоров'я людей, їх працездатності та психоемоційного стану актуальна і для звичайних умов життєдіяльності. Але за умов важкого фізичного навантаження, постійного стресу, впливу природних явищ та дії екстремальних температур проблема харчування виходить ще на більш високий рівень значущості і набуває стратегічного значення. Такими умовами характеризуються, наприклад, виконання військових операцій, надзвичайні ситуації, перебування або виконання будь-якої роботи за несприятливих погодних умов, складні туристичні походи, заняття альпінізмом тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З початком озброєного конфлікту на Сході України гостро постала проблема харчування військовослужбовців та потерпілих від конфлікту людей.

Відомо, що з початком російської агресії навесні 2014 року ситуацію в армії врятували сухі пайки зі США та надвисока активність волонтерів. Але це було лише тимчасовим виходом із ситуації, що склалася, й було потрібне вирішення проблеми харчування системного характеру.

16 вересня 2015 року в Національній академії сухопутних військ у Львові та одній із військових частин Західної військово-морської бази Військово-Морських Сил Збройних Сил України в Одесі стартував пілотний проект реформи харчового забезпечення Збройних Сил України, яке до того залишалось незмінним з 60-х років ХХ століття.

На жаль, реформа не знайшла підтримки в Міністерстві оборони України, оскільки замість того, щоб працювати над розширенням експерименту в масштабах усієї країни, реформатори провели у боротьбі за збереження проекту у двох згаданих військових частинах у Львові та Одесі. Це при тому, що вартість порції в експериментальних частинах виходила дешевшою, аніж при традиційному забезпеченні при значно вищій якості раціону.

Схожа ситуація спостерігалась і з новими індивідуальними раціонами харчування (армійськими сухими пайками), що призначені для забезпечення військовослужбовців харчуванням у бойових та/або польових умовах.

Але слід відзначити, що позитивні зміни все ж таки відбулися. Так, у 2016 році було затверджено та презентовано нову норму харчування № 15 — добовий польовий набір продуктів з калорійністю 3500 ккал, що стала покращеною версією попереднього армійського сухого пайку. У раціоні було передбачено порційну видачу добової норми, тобто сніданок, обід і вечерю, до яких додатково видавалася ще питна бутильована вода, по 0,5 л на кожен раціон. До раціону українських військових вперше були включені перші і удосконалені другі страви, а також сухофрукти, шоколад, кава. Окрім того, було задокументовано посилений раціон для учасників АТО, у якому калорійність була збільшена на 600 ккал порівняно із калорійністю звичайного індивідуального раціону. Удосконаленнями нового сухого пайку стали також використання реторт-пакетів (зручного виду харчової упаковки) та наявність безполуменового нагрівача їжі. У 2017 році такий раціон почали випускати серійно та спрямовувати до військових підрозділів. Тому слід відзначити позитивні зміни в організації харчування військових за польових та бойових умов.

У ході порівняльного аналізу існуючих продуктових наборів, які використовуються у вітчизняній та закордонній практиці, не лише за харчовою і біологічною цінністю, а й за смаковими, ароматичними властивостями, зручністю споживання, відповідністю смаковим звичкам відповідного контингенту, зручністю транспортування та споживання, засвоюваністю та функціональністю нами було виявлено доволі посередні результати. Так, у закордонній практиці використовуються функціональні продукти та зручні види пакування, проте часто використовуються шкідливі для людини способи консервування, синтетичні вітаміни та харчові добавки. Слід також відзначити відносно високу вартість таких раціонів та невідповідність іноземних продуктових наборів до смакових вподобань українців. Тобто закордонні аналоги індивідуальних раціонів харчування через означені

причини не підходять для того, щоб узяти їх за основу або використовувати у незмінному виді.

Мета статті — пошук можливостей вдосконалення індивідуальних раціонів харчування людини в польових та екстремальних умовах під час бойових дій, надзвичайних ситуацій, польових навчань, польових досліджень, туристичних походів тощо без суттєвого впливу на вартість і з урахуванням місцевих особливостей та смакових вподобань співвітчизників.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перше, на що ми звернули увагу під час аналізу вітчизняних індивідуальних раціонів харчування, це те, що як у передньому, так і в оновленому вітчизняному сухому пайку відсутні хліб або його повноцінні замітники. Спроба замінити хліб традиційними армійськими галетами або сухарями є не найкращим рішенням, оскільки вони не завжди зручні в споживанні, погано сполучаються із наданими у пайку першими і другими стравами, швидко приїдаються та не надають почуття ситості. За свідцтвами військовослужбовців, армійські галети добре сполучаються лише із гарячими напоями, перш за все чаєм. У такому випадку їх краще замінити більш функціональним вівсяним печивом, спеціальними сортами шоколаду тощо.

Як альтернативу галетам та сухарям ми пропонуємо використовувати консервований хліб, виготовлений за існуючою технологією, або ж можливо розробити свій спосіб. Також кращими за галети можуть виявитись спеціальні сорти хліба тривалого зберігання у відповідній упаковці або хлібного печива. Цікавим є варіант приготування прісного хліба або борошняних виробів на місці дислокації, проте він відносно складний в реалізації, оскільки потребує додаткових засобів і зовсім не прийнятний для бойових умов.

Інше важливе питання, на яке слід звернути увагу, це сполучність продуктів. Хоча науковими дослідженнями встановлено і загальновідомо принципи правильного сполучення продуктів, проте ці правила часто порушуються або просто не враховуються. Так, наприклад, дуже розповсюдженим є сполучення білкових продуктів із вуглеводами. При цьому в раціоні, як правило, не вистачає продуктів рослинного походження. Це із часом призводить до порушень засвоєння їжі, обміну речовин. Організм людини знаходиться у стані дефіциту вітамінних компонентів, ензимів, антиоксидантів, харчових волокон. На початковому етапі порушення принципів раціонального харчування призводить до зниження активності, працездатності, а згодом може призвести до хворобливого стану і навіть патології.

Вітамінізація раціону можлива за рахунок вітамінних препаратів, проте виявлено, що цей спосіб не є досконалим, оскільки вітаміни з препаратів мають дуже низьку долю засвоєння. Самі препарати мають протипоказання медичного характеру, можуть викликати побічні або алергічні реакції, потребують культури споживання (дотримання інструкції), а відтак і контролю за споживання з боку фахівців.

Вирішити означені проблеми можна додаванням до раціону овочевих або фруктових продуктів у зручному виді. Традиційні овочі і фрукти можна додати до раціону, наприклад, у виді спеціальних консервів (пюре, соусів, концентратів), зручних до транспортування, зберігання і споживання.

Цінним напівфабрикатом будуть також овочі і фрукти, висушені одним із сучасних досконалих методів та надійно запакованих. Фрукти у такому виді є готовими до споживання, а овочі стануть основою для приготування перших та других страв. За свідцтвом представників громадської організації «Жіноча сотня» (м. Кривий Ріг), великою популярністю у військових формуваннях, задіяних в зоні АТО, користувалися овочі (буряк, морква, цибуля, капуста, часник), висушені навіть у побутових умовах.

Принаймні при виконанні військових операцій стануть у нагоді спеціальні продукти харчування з підвищеною калорійністю та функціональними властивостями, наприклад, енергетичні та протеїнові батончики; стратегічні продукти, спрямовані на забезпечення виживання людини і наділені для цього спеціальними властивостями: надвисокою калорійністю, ситністю, компактністю, багатим складом необхідних речовин для життєзабезпечення людини. Дивно, що у наш час, із таким рівнем розвитку науки та виробництва, вітчизняні спеціальні раціони харчування не містять нічого подібного.

Військові фахівці та експерти стверджують, що метою індивідуальних раціонів харчування (сухих пайків), а тим паче недоторканого запасу і наборів продуктів на випадок надзвичайних ситуацій є перш за все підтримання життєдіяльності людини та забезпечення її працездатності для виконання відповідних завдань. Проте фізіологія харчування як наука з початку заснування та до сьогодні, стверджує, що дуже важливими властивостями їжі є її споживчі властивості. Тобто дуже велике значення і вплив на людину здійснюють зовнішній вигляд, смак та аромат їжі. Перелічені властивості впливають на засвоюваність, самопочуття, настрої. Тому вважаємо, що військове керівництво та фахівці відповідного профілю повинні піклуватися про збереження здоров'я людей, готових віддати життя за територіальну цілісність України, а також про їх самопочуття і бойовий дух. До того ж сучасна технологія продуктів харчування має необхідний набір інструментів і методів для розробки і випуску харчових продуктів, наділених одночасно досконаліми функціональними та споживчими властивостями.

Загальновідомий факт, що під час поглинання їжі у людини задіяні в основному три органи почуттів: зору, нюху та смаку. При цьому нюх вважається найважливішим складовим процесом сприйняття їжі, оскільки визначає близько 80 % смакових відчуттів.

Система фудпейрінг (від англ. *foodpairing*) у ресторанній справі базується на різноманітних поєднаннях рецептурних компонентів, страв, кулінарних виробів, напоїв, заснованих виключно на ароматичних властивостях продуктів харчування.

Питанням інноваційних підходів до розробки кулінарної продукції займалися і займаються багато шеф-кухарів і вчених всього світу. До основоположників теорії та методики фудпейрінгу можна віднести Хестона Блюменталю і Франсуа Бенці.

Смак, текстура, а тепер і запах є об'єктом вивчення біологів, хіміків та фізиків — дослідників, які працюють вже на молекулярному рівні. Цей факт узяв за основу вчений хімік та біоінженер Бернар Лаусс. Він поклав початок в розвиток фудпейрінгу — науки про поєднання різних продуктів, які мають спільні смакові та ароматичні компоненти. Фудпейрінг ґрунтується не на вже існуючих рецептурах, а виключно на смакових поєднаннях, підібраних шляхом наукових досліджень.

Бернар Лаусс є автором Інтернет-проекту «*Foodpairing Tree*», який широко використовується кулінарами і міксологами при розробці нових страв.

Науковим підґрунтям методів системи фудпейрінг є принципи хімічного аналізу інгредієнтів, страв та напоїв для визначення переліку запахів, притаманних кожному з них. На підставі цього здійснюється поєднання тільки схожих за ароматичними властивостями продуктів, що сприяє створенню досконалих комбінацій, які до того ж можуть носити інноваційний характер, оскільки не обмежуються традиційними уявленнями про сполучуваність продуктів та національно-етнографічними особливостями кухні. Така незалежність сприяє створенню нових і несподіваних комбінацій.

Бернар Лаусс виявив, що у кожному продукті є свої унікальні ароматичні з'єднання, також відомі як ароматизатори — складні хімічні речовини, що володіють запахом. Запах хімічної сполуки людина відчуває, коли вона летюча, здатна потрапляти в нюхову систему у верхній частині носа й за умови досить високої концентрації, що дозволить їй взаємодіяти з одним або декількома нюховими рецепторами.

Головні ароматичні компоненти — це з'єднання, які ефективно розпізнаються органом нюху. З'єднання, яке міститься в продукті у більш високій концентрації та «перекриває» інші сполуки, з меншою концентрацією, називаються ключовими. Так, наприклад, огірок містить кілька десятків різних ароматичних сполук. Але в дійсності для створення запаху огірка важлива лише пара ароматів.

Бернар Лаусс зі своєю експертною групою розробив комбінації продуктів, які добре поєднуються один з одним і мають загальні ароматичні компоненти на основі зафіксованих даних аналізу великої кількості продуктів. Для кращої візуалізації на допомогу кухарям було складено структурні схеми за принципами фудпейрінг. Підключивши інформаційні технології в Інтернет-мережі, було створено однойменний до методу ресурс *Foodpairing*, який містить схеми *Foodpairing Tree*. Ці структурні схеми побудовані за принципом дерев,

всередині яких знаходяться основні продукти, а навколо, як гілки, розташовуються інші продукти, які можна вдало комбінувати з центральним. Усі продукти поділяються на категорії, наприклад, молочні продукти, м'ясо, спеції і т. ін. Показник ступеня їх сполучуваності характеризується довжиною гілок: чим коротша гілка, тим краще сполучуваність із центральним інгредієнтом. Такі схеми є дієвим інструментом для кухарів з почуттям балансу і готовністю до експериментів та інновацій. Методи фудпейрінгу допомагають визначити, які продукти утворюють ідеальні сполучення, за допомогою вивчення їх ароматичних компонентів.

Flavorstudio — це програмне забезпечення, яке працює на основі методу фудпейрінгу, математичний алгоритм якого використовується для виявлення поєднань ароматів з величезної бази даних. Ця база налічує більш ніж 1 млн. поєднань для заданих інгредієнтів. Робота цього додатка ґрунтується на історичних і географічних гастрономічних моделях ароматів, на відміну від чисто хімічного підходу. Користувач може власноруч налаштувати математичний алгоритм на шкалі за допомогою повзунка для відображення сили взаємодії між інгредієнтами. Однак не варто забувати, що фактичне сприйняття якості аромату, смаку, характеру та інтенсивності є дуже суб'єктивними і вкрай залежать від уподобань користувача. Доцільність впровадження нових методик вимагає вичерпного і конструктивного їх вивчення не тільки теоретичного, а й практичного характеру.

Для реалізації поставленої мети необхідно створити умови для проведення експерименту, розробити і приготувати поєднання ароматичних пар, за допомогою незалежних експертів оцінити їх сумісність і порівняти отримані результати з гіпотезою науки про поєднання ароматів.

Головні або ключові ароматичні компоненти — це з'єднання, які ефективно розпізнаються нюховим аналізатором людини. Такі ароматизатори прийнято визначати за допомогою порівняння концентрацій ароматичних речовин з відповідним нюховим порогом. Кожна сполука, присутня в продукті в концентрації, що вища, ніж її нюховий поріг, вважається ключовою. Отже, в основі методу фудпейрінгу лежить такий принцип: продукти добре поєднуються один з одним, якщо у них є спільні ароматичні компоненти.

Процес фудпейрінгу починається з аналізу ароматичних складових продуктів, які слід поєднувати. Ароматичні сполуки визначаються за допомогою газової хроматографії, яка в більшості випадків поєднується з використанням мас-спектру.

На підставі вже відомих даних нами були розроблені рецептури збалансованих за складом нутрієнтів страв із доступних для нашого регіону компонентів та із застосуванням принципів фудпейрінгу. Вони підходять для використання в індивідуальних раціонах харчування та зберігання у реторт-пакуванні. Перелік і стисла характеристика (розрахунок харчової та енергетичної цінності) таких страв надано у табл. 1.

Оскільки такі продуктові набори мають стратегічне значення, стабільність їх якості та строки зберігання визначаються якістю сировинних компонентів та відсутністю критичних впливів під час виробництва. Тому стандартні лінії виробництва харчових продуктів спеціального призначення потребують додаткового оснащення засобами автоматизації для мінімізації впливу зовнішніх факторів, регулярного контролю якості технологічного процесу, динамічної зміни параметрів технологічних процесів залежно від характеристик вхідної сировини. Прогресивним способом може бути використання у технологічному процесі робототехнологічних комплексів із візуальним спостереженням за ходом процесу, контролем і динамічною зміною за необхідністю всіх важливих параметрів процесу на підставі отримання й миттєвої обробки даних за допомогою спеціальних датчиків, у тому числі контролю кольору, запаху, зміни температури, консистенції тощо.

Висновки. Таким чином, ми пропонуємо використовувати при складанні індивідуальних раціонів харчування комплексний підхід, спрямований на дотримання:

- відповідної енергетичної та біологічної цінності;
- вимог до збалансованості та функціональності;
- досконалих споживчих властивостей із дотриманням принципів фудпейрінгу;
- зручності при зберіганні, транспортуванні, споживанні.

Таблиця 1 — Приклади страв для включення до раціонів індивідуального харчування

Назва страви із визначенням основних рецептурних компонентів	Вміст основних харчових речовин, г (на 100 г страви)			Енергетична цінність, ккал (на 100 г страви)
	білки	жири	вуглеводи	
Суп-пюре зі шпинату з лососем і вершковим сиром і хлібними паличками (додаються перед споживанням із окремої упаковки)	6,8	13,0	6,5	170,0
Яловичина, тушкована з морквою, лимоном та лавровим листом	13,9	7,1	2,8	130,4
Курка зі спаржевою квасолею, апельсином та фундуком	13,3	2,2	1,9	84,4
Батончик із пшона з медом та фруктовими цукатами / кедровими горіхами	2,9	5,5	27,4	166,0

На підставі накопичених даних ми плануємо розробити спеціальну методику комплексної оцінки якості індивідуальних раціонів харчування для контролю на всіх стадіях життєвого циклу відповідної продукції (проектування, виробництво, зберігання та споживання).

Наші подальші дослідження будуть спрямовані на розробку унікальних рецептур за складом, функціональністю та принципами фудпейрингу, складання та розвиток відповідних баз даних щодо сполучності продуктів за хімічним складом та набором ароматичних речовин, розробку методики оцінки якості спеціальних раціонів харчування, удосконалення технологічного обладнання для виробництва продуктів харчування за інноваційними технологіями.

Список літератури/References

1. Рудомський, Р. Як змінились Збройні Сили України за 25 років / Р. Рудомський Інтернет-видання «Depo.ua», 6 грудня 2016. — Режим доступу : <https://www.depo.ua/ukr/war/yak-zminilis-zbroyni-sili-ukrayini-za-25-rokiv-06122016110000>.

Rudomskyi, R. (2016). *Yak zminylis Zbroyni Syly Ukrainy za 25 rokiv* [Changes in the Armed Forces of Ukraine for 25 years]. Depo.ua, December, 6. Available at : <https://www.depo.ua/ukr/war/yak-zminilis-zbroyni-sili-ukrayini-za-25-rokiv-06122016110000>.

2. Уряд схвалив новий сухий пайок для армії // Корреспондент.net, 3 жовтня 2016. — Режим доступу : <https://ua.korrespondent.net/ukraine/3753091-uriad-skhvalyv-novyi-sukhyi-paiok-dlia-armii>

Uriad skhvalyv novyi sukhyi paiok dlia armii [The government approved the new rations for the army]. *Korrespondent.net*, 3 October 2016. Available at : <https://ua.korrespondent.net/ukraine/3753091-uriad-skhvalyv-novyi-sukhyi-paiok-dlia-armii>.

3. Оттавей, П. Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база / П. Б. Оттавей; перев. с англ. — СПб. : Профессия, 2010. — 312 с.

Ottavei, P. B. (2010). *Obogashcheniye pishchevykh produktov i biologicheskii aktivnyye dobavki: tekhnologiya, bezopasnost' i normativnaya baza* [Food fortification and dietary supplements: technology, security and regulatory framework]. St. Petersburg, Profession Publ., 312 p.

4. Foodpairing. Available at : <https://inspire.foodpairing.com>.

5. Лаусс, В. Процесс фудпейринга начинается с анализа ароматических составляющих продуктов / Бернар Лаусс // Хлеб-Соль. — 2013. — № 1. — Режим доступа : <http://www.breadsalt.ru/articles/3091>.

Lauss, V. (2013). *Protsess fudpeyringa nachinaetsya s analiza aromaticeskikh sostavlyayuschih produktov* [Fudpeyring process starts with the analysis of the aromatic components of the products]. *Khleb-Sol'* [Bread and Solt], no. 1. Available at : <http://www.breadsalt.ru/articles/3091>.

6. Юдина, С. Б. Технология продуктов функционального питания / С. Б. Юдина. — М. : ДеЛи принт, 2008. — 280 с.

Yudina, S. B. (2008). *Tehnologiya produktov funktsionalnogo pitaniya* [Functional food technology]. Moscow, DeLi print Publ., 280 p.

Цель. Целью статьи является определение направлений повышения качества продовольственного обеспечения питания человека в полевых и экстремальных условиях во время боевых действий, чрезвычайных ситуаций, полевых учений, полевых исследований, туристических походов и т. п.

Методы. Применены общепринятые технологические, физико-химические, биохимические, микробиологические и органолептические методы определения качества продовольственной продукции специального назначения.

Результаты. Проведена разносторонняя сравнительная характеристика индивидуальных рационов питания военнослужащих разных стран. Сформулированы требования к современному сухому пайку. Определены направления повышения качества питания человека в полевых и экстремальных условиях жизнедеятельности. Особое внимание уделено вопросу наличия в индивидуальных рационах питания хлеба и его заменителей. Рассмотрены вопросы изменения рецептур традиционных продуктов с целью повышения их пищевой и биологической ценности.

Ключевые слова: полевые условия, индивидуальный рацион питания, сухой паек, неприкосновенный запас продовольствия и питьевой воды.

Objective. The aim of this work is to define the ways of increasing the quality of the food supply of human in the field and extreme conditions during combat operations, emergency situations, field exercises, field studies, hiking trips, etc.

Methods. In the work, actually accepted technological, physico-chemical, biochemical, microbiological and organoleptic methods for determining the quality of food products of a special purpose are used.

Results. A versatile comparative characteristic of individual food of military personnel from different countries was conducted. The requirements for modern field ration are formulated. The directions of the quality improving of the human nutrition in field and extreme conditions of life activities are determined. Special attention is paid to issue of the individual rations of bread and its substitutes. The questions of changing the recipes of traditional products in order to increase their nutritional and biological value are considered.

Key words: field conditions, individual food, field ration, emergency supply of food and drinking water.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ АВТОРСЬКИХ РУКОПИСІВ, ЯКІ ПОДАЮТЬСЯ ДО ПУБЛІКАЦІЇ В ТЕМАТИЧНОМУ ЗБІРНИКУ НАУКОВИХ ПРАЦЬ «ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ»

Вимоги до оформлення наукових статей у тематичний збірник наукових праць

«Обладнання та технології харчових виробництв» сформульовано відповідно до національного стандарту ДСТУ 7152:2010 «Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках», а також Наказу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України № 1111 від 17.10.2012 р. «Порядок формування Переліку наукових фахових видань України».

Основна тематика збірника:

- сучасні напрямки підвищення якості харчових продуктів;
- моделювання та оптимізація процесів розробки харчових продуктів і обладнання харчової промисловості;
- нові технології продуктів харчування;
- розроблення прогресивного вискоєфективного обладнання харчової промисловості;
- хімічні, фізичні, математичні методи дослідження якості продуктів харчування;
- технологічні аспекти використання функціональних інгредієнтів;
- безпека харчових продуктів;
- удосконалення процесів і апаратів харчових виробництв.

Для опублікування у збірнику матеріалів статті необхідно надіслати на адресу редколегії:

- електронний та друкований варіанти статті у двох екземплярах за підписом автора(-ів) із зазначенням найменування напрямку;
- рецензію доктора наук зі сторонньої організації, де, крім підпису рецензента, обов'язково вказуються його прізвище, ім'я, по батькові (повністю), посада, місце роботи, напрямок його наукових досліджень;
- експертний висновок про можливість відкритої публікації поданої статті;
- ліцензійний договір на використання твору;
- авторську довідку;
- квитанцію.

Текст статті має бути виконаний:

- в редакторі Microsoft Word без форматування у форматі А4 (210×297 мм);
- шрифт Times New Roman, стиль – звичайний, кегль – 12;
- міжрядковий інтервал – одинарний, поля з усіх боків – 20 мм;
- обсяг матеріалів – 5-10 сторінок комп'ютерного тексту, включаючи ілюстрації, таблиці, графіки, літературу. Площа, зайнята рисунками, не повинна перевищувати 25 % від загального обсягу;
- мова тексту – українська, російська або англійська.

Структура статті

1. УДК – міститься у верхньому лівому куті сторінки, окремим рядком.
2. Прізвище та ініціали автора(-ів), науковий ступінь, вчене звання друкувати малими (напівжирними) літерами, через кому.
3. Повну назву організації, місто, країну, електронну адресу – друкувати через кому, малими літерами.
4. Назву статті потрібно друкувати великими (напівжирними) літерами з вирівнюванням за центром, відступивши один рядок.
5. Реферат (від 200 до 300 слів виключно загальноприйнятої термінології) друкувати мовою статті, відступивши один рядок. Реферат структурований і повинен включати такі елементи: мету, методика, результати, наукову новизну, практичну значущість. Слово «Реферат» у тексті статті не вказується.

6. Ключові слова (6-10 слів курсивом) подають мовою реферату із позначенням «Ключові слова».

7. Основний текст статті – друкувати, відступивши один рядок.

8. Бібліографічний список – друкувати, відступивши один рядок.

9. Реферат та ключові слова – друкувати двома мовами: мовою, відмінною від мови статті (українською або російською) та англійською.

10. Підпис(и) автора(-ів), дата.

11. Ким стаття рекомендована до публікації – друкувати курсивом.

Пункти 2-6 надаються українською, російською та англійською мовами. Пункт 1-4 надається мовою оригіналу та англійською мовою.

Згідно з вимогами Президії ВАК України №7-05/1 від 15.01.2003 р. основний текст статті повинен мати такі структурні елементи:

- постановка проблеми в загальному виді та її зв'язок із найважливішими науковими чи практичними завданнями;

- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання поданої проблеми і на які спирається автор, виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття;

- формування цілей статті (постановка завдання);

- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;

- висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямку.

У тексті статті тільки основні структурні елементи мають бути виокремлені напівжирним шрифтом.

Ілюстрації, діаграми, схеми, таблиці повинні бути чорно-білого кольору. Ілюстрації, діаграми, схеми, таблиці та формули оформляються відповідно до ГОСТ 2.105-95 та мають бути розміщені в кадрі в книжковій орієнтації. Кожна ілюстрація, діаграма, схема повинна бути підписана, таблиця – мати назву. Підписи до рисунків виокремлюються курсивом.

Ілюстрації, діаграми, схеми слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Слово «Рисунок» і назву розміщують після пояснювальних даних і розташовують таким чином: Рисунок 1 – Деталі приладу... Неприпустимо включати підписи до самого рисунку.

Рисунки мають бути розміром не менше ніж 60×60 мм, розміщати їх слід через один інтервал від основного тексту та згрупованими.

Таблиця розміщується під текстом, в якому вперше наведено посилання на неї, або на наступній сторінці. Якщо таблиця виходить за формат сторінки, її ділять на частини. Слово «Таблиця» вказують один раз ліворуч над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть «Продовження таблиці», вказуючи номер. Назву слід розташовувати над таблицею. Наприклад: Таблиця 1 – Дані експериментальних...

Таблиці відокремлюються від тексту одним рядком.

Під час посилання на ілюстрації та таблиці слід писати: ... відповідно до рис. 1 (або табл. 1) тощо.

Формули повинні відокремлюватися одним рядком від решти тексту, центруватися, мати нумерацію. Номери формул вказують у круглих дужках та вирівнюють до правої межі тексту.

Усі фізичні величини подаються в системі СІ.

Редактор формул – Microsoft Equation. Стиль формул для Microsoft Equation – курсив.

Опис списку використаної літератури:

Бібліографічний список наводять із назвою «Список літератури/References».

У списку вказується тільки та література, на яку посилається автор у статті, не більше 10 джерел, з датою їх видання не пізніше 20 років. Посилання на літературні джерела подають у квадратних дужках у порядку цитування.

У списку літератури кожне україномовне та російськомовне джерело слід подавати спочатку мовою оригіналу, а потім англійською мовою. Транслітерація прізвищ авторів, залежно від мови оригіналу, виконується відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 55 від 27 січня 2010 р. «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» (для української мови) або вимог системи BGN/PCGN (для російської мови).

Порядок оформлення україномовних та російськомовних джерел, наданих мовою оригіналу, повинен відповідати ГОСТ 7.1-2006. Оформлення джерел англійською мовою повинно виконуватися згідно з вимогами гарвардського стилю (стиль «автор-дата»).

Відповідальність за зміст статті несе автор(-и). Надіслані матеріали не повертаються.

УВАГА! Оргкомітет залишає за собою право відмовити у друкуванні невідредагованих матеріалів, які не відповідають тематиці чи вимогам або надіслані пізніше вказаного терміну.

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

УДК ...

Сукманов В. О., д-р техн. наук, проф., ¹

Яшонко О. А.,²

Левіт І. Б., канд. техн. наук ¹

1 – Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк, Україна, e-mail: ...

2 – Керченський державний морський технологічний університет, м. Керч, Україна, e-mail: ...

МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ ЗА ГЛАЗУРУВАННЯ ГРАНУЛ СПІНЕНИХ СУМІШЕЙ

Sukmanov V. A., Grand PhD in Engineering sciences,
Professor., ¹

Yashonkov O. A.,²

Levit I. B., PhD in Engineering sciences ¹

1 – Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine, e-mail: ...

2 – Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Ukraine, e-mail: ...

A MODEL OF NON-STATIONARY HEAT EXCHANGE AT GLAZING OF GRANULES OF THE MADE FOAM MIXTURES

Реферат – мовою статті

Мета. Мета статті ...

Методика. У процесі досліджень використано ...

Результати. На підставі проведених досліджень запропоновано ...

Наукова новизна. Удосконалено науково-методичний підхід ...

Практична значущість. Отримані результати спрямовані ...

Ключові слова: моделювання, ...

Дослідження процесу перероблення ... (текст статті)

Список літератури/References

1. Сукманов В. О. Переробка рибної сировини на спінені суміші та експериментальне обладнання для дослідження цього процесу / В. О. Сукманов, О. А. Яшонков // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2011. – Вип. 27. – С. 168-173.

Sukmanov, V. O. and Yashonkov, O. A. (2011). *Pererobka rybnoji syrovyny na spineni sumishi ta eksperymentaljne obladnannja dlja doslidzhennja cjogho procesu* [Processing of raw fish materials into foamed mixtures and pilot equipment for this process investigation] *Obladnania ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Equipment and technologies of food productions], no. 27, pp. 168–173.

Реферат – мовою, відмінною від мови статті (у зразку російською).

Реферат – англійською мовою. Підпис(-и) автора(-ів).

Рекомендовано до публікації д-р техн. наук ПІБ. Назва організації. Дата надходження рукопису.

ЗМІСТ

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

<i>Касабова К. Р., Гревцева Н. В., Шидакова-Каменюка О. Г., Омельченко О. В.</i> ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ПРОДУКТІВ ВИНОРІБНОГО ТА ПИВОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА У ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА.....	5
--	---

<i>Юдіна Т. І., Назаренко І. А., Клименко А. В.</i> ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗБЕРІГАННЯ МОЛОЧНО-РОСЛИННИХ ФАРШІВ НА ОСНОВІ КОНЦЕНТРАТУ ЗІ СКОЛОТИН.....	12
---	----

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

<i>Слащева А. В., Попова С. Ю., Клименко А. В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ СОУСІВ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН.....	18
---	----

<i>Сімакова О. О., Назаренко І. А., Омельницька В. О.</i> ВПЛИВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ХЛІБОПЕКАРНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА.....	25
--	----

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<i>Хорольський В. П., Омельченко О. В.</i> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ.....	32
--	----

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

<i>Шейна А. В., Мельник О. Є.</i> ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ РІЗАННІ В'ЯЗКО-ПРУЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	42
---	----

<i>Шейна А. В., Мельник О. Є.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПРИ РІЗАННІ	49
--	----

<i>Коренець Ю. М., Єріс Ю. В., Зайченко Ю. В.</i> ПИТАННЯ ПРОДОВОЛЬЧОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛЮДИНИ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ	56
---	----

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ АВТОРСЬКИХ РУКОПИСІВ	63
---	----

ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ	66
--------------------------------	----

CONTENT

MODERN TECHNOLOGIES OF FOOD PRODUCTS

<i>Kasabova K. R., Grevtseva N. V., Shidakova-Kamenyuka E. G., Omelchenko O. V.</i> USE OF THE SECONDARY PRODUCTS OF WINERIES AND BREWERIES PRODUCTION IN THE TECHNOLOGY OF BUTTER BISCUITS.....	5
<i>Yudina T. I., Nazarenko I. A., Klymenko A. V.</i> GROUNDS OF RATIONAL PARAMETERS IN STORAGE OF MILK-VEGETABLE MINCES WITH BUTTER-MILK CONCENTRATE.....	12

CURRENT TRENDS OF FOODSTUFFS QUALITY IMPROVEMENT

<i>Slashcheva A. V., Popova S. Yu., Klymenko A. V.</i> THE STUDY OF QUALITY AND SAFETY INDICATORS OF SAUCES WITH A HIGH CONTENT OF PECTIN	18
<i>Simakova O. O., Nazarenko I. A., Omelnytska V. O.</i> IMPACT OF THE DRINKING WATER QUALITY ON THE BAKERIES PROPERTIES OF THE WHEAT FLOUR.....	25

DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE EQUIPMENT OF FOOD INDUSTRY

<i>Khorolskyi V. P., Omelchenko O. V.</i> ENERGY EFFICIENCY OF THE BAKERY PRODUCTS ENTERPRISES	32
---	----

IMPROVEMENT OF PROCESS AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION

<i>Sheyina A. V., Melnik O. E.</i> ENERGY COST SAVINGS BY VISCOELASTIC MATERIALS CUTTING	42
<i>Sheyina A. V., Melnik O. E.</i> RESEARCH OF THE FRICTION PROPERTIES OF THE PLANT RAW MATERIAL BY CUTTING	49
<i>Korenets Yu. M., Yeris Yu. V., Zaichenko Yu. V.</i> THE ISSUE OF HUMAN FOOD SUPPLY IN THE FIELD CONDITIONS.....	56
REQUIREMENTS FOR THE REGISTRATION OF COPYRIGHT MANUSCRIPTS	63
STANDARD OF REGISTRATION OF THE ARTICLE	66