



2016

НАУКОВІ ПРАЦІ

НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Том 22 № 1

Журнал
«Наукові праці Національного університету харчових технологій»
засновано в 1993 році

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2016

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

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

Journal “Scientific Works of National University of Food Technologies” is included into the list of professional editions of Ukraine of technical and economic sciences (Ballot-paper of Higher Attestation Commission of Ukraine #1, 2010), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar

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

Editorial office address:

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

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. *Minutes of meeting # 8 of December, 2015*

© NUFT, 2016

У журналі публікуються статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

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

Журнал «Наукові праці Національного університету харчових технологій» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Бюлетень ВАК України № 1, 2010 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

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

- Index Copernicus
- EBSCOhost
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar

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

Адреса редакції:

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

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 8 від 24 грудня 2015 року

© НУХТ, 2016

Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу «Наукові праці»
Національного університету харчових технологій

Головний редактор Editor-in-Chief	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Анатолій Українець Anatoliy Ukrainets	
Заступник головного редактора Deputy chief editor	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Тетяна Мостенська Tatiana Mostenska	
Відповідальний секретар Accountable secretary	канд. техн. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Юрій Пенчук Yuriy Penchuk	

Члени редакційної колегії:

Анатолій Зайнчковський Anatoly Zainchkovskiy	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Анатолій Король Anatoly Korol	д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Анатолій Ладанюк Anatoly Ladanyuk	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Анатолій Сайганов Anatoly Sayganov	д-р екон. наук, проф., Білорусь Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus
Анжей Ковальський Anzhey Kowalski	д-р екон. наук, проф., Польща Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics, Poland
Аннетта Зелінська Anetta Zielinska	д-р екон. наук, проф., Польща Ph. D. Hab., Prof., Wroclaw University of Economics, Poland
Брайан Мак Кенна Brian McKenna	д-р техн. наук, проф., Ірландія Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland
Віктор Доценко Victor Dotsenko	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Віра Оболкіна Vera Obolkina	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Володимир Піддубний Vladimir Piddubnyi	д-р техн. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Галина Чередниченко Galina Cherednichenko	канд. педагог. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Герхард Шльонінг Gerhard Schleining	д-р техн. наук, Австрія Ph. D. Hab., Prof., University of Natural Resources, Austria

Дайва Лескаускайте Daiva Leskauskaite	д-р техн. наук, проф., Литва Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania
Єлизавета Костенко Jelyzaveta Kostenko	д-р хім. наук, Україна Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine
Єлизавета Смірнова Jelyzaveta Smirnova	канд. філол. наук, доц., Україна Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Іван Малежик Ivan Malezhik	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Кристина Сильва Cristina L.M.Silva	д-р техн. наук, проф., Португалія Ph. D. Hab., Prof., University de Catolica, Portuguesa
Лариса Арсенєва Larisa Arsenyeva	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Леонід Дегтярьов Leonid Dehtyaryov	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Микола Прядко Mykola Pryiadko	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Михайло Мартиненко Michail Martynenko	д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Наталія Гусятинська Natalia Gusyatyynska	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Бараненко Oleksandr Baranenko	д-р техн. наук, проф., Росія Ph. D. Hab., Prof., National Research University of Information Technologies, mechanics and optics, Russia
Олександр Бутнік-Сіверський Oleksandr Butnik-Siverskyi	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Карпов Oleksandr Karpov	д-р біол. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Перепелиця Oleksandr Perepelitsa	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Олександр Полумбрик Oleksandr Polumbryk	д-р хім. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Паола Піттія Paola Pittia	д-р техн. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Teramo, Italy
Петро Шнян Petro Shyian	д-р техн. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Саверіо Манніно Saverio Mannino	д-р хім. наук, проф., Італія Ph. D. Hab., Prof., University of Milan, Italy
Тамара Говорушко Tamara Govorushko	д-р екон. наук, проф., Україна Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine
Хууб Лелієвельд Huub Lelieveld	Нідерланди Ph. D. Hab., Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands

ЗМІСТ

Біотехнологія і мікробіологія

Пирог Т.П., Антонюк С.О., Софілканіч А.П. Трансформація ароматичних сполук у поверхнево-активні речовини *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 і *Nocardia vacciniі* ІМВ В-7405

Стабніков В.П. Метод підвищення адсорбції бактеріальних клітин до зерен піску з метою інтенсифікації процесу біоцементації

Економіка і соціальний розвиток

Басюк Т.П. Напрями формування системи безпеки інвестиційної діяльності підприємства
Михайленко Г.А. Аспекти стратегії розвитку галузей харчової промисловості України

Кутас О.О. Особливості розвитку м'ясного скотарства України

Страшинський В.І. Інноваційна діяльність підприємств харчової промисловості України: тенденції і пріоритети

Яценко О.В. Забезпечення фінансової стійкості спиртових підприємств на основі бізнес-планування

Льєнко Н.О., Спасенко Ю.О. Створення зони вільної торгівлі України з ЄС — ефективний захист національних економічних інтересів

Луцяк В.В. Конкурентоспроможність і якість харчових продуктів: загальні принципи і методика планування в малих виробничих підприємствах

Процеси і апарати харчових виробництв

Дудко С.Д. Математична модель і алгоритм машинного розрахунку теплообмінної підсистеми тунельної хлібопекарської печі

Мазуренко О.О., Самсонов В.В., Воробйов Л.Й. Оперативне прогнозування рівня і швидкості збільшення температури пошкодженого вузла турбогенератора

Марценюк О.С. Інтенсифікація процесів абсорбції режимними способами

Погорілий Т.М., МIRONCHUK В.Г., Штангеев К.О. Аналітичні вирази для визначення часу контакту систем комірок з поверхнею гріючої трубки нагрівальної камери вакуум-апарата

Доломакін Ю.Ю. Вплив температури на реологічні характеристики рідкої пшеничної опари

Долінський А.А., Авдєєва Л.Ю., Жукотський Е.К., Макаренко А.А. Дослідження режимних параметрів гідродинамічної кавітації при обробці складних гетерогенних систем

Фізико-математичні науки

Герасін О.І. Методи розв'язку задач геометричної теорії ймовірностей на площині

CONTENTS

Biotechnology and Microbiology

7 *Pirog T., Antonuk S., Sofilkanych A.* Transformation of aromatic compounds in a surfactant by *Rhodococcus erythropolis* IMV Al-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vacciniі* IMV B-7405

14 *Stabnikov V.* Increasing the adsorption of bacterial cells to the sand grains for enabling the intensification of biocementation

Enterprise Economy and Social Development

19 *Basyuk T.* Formation of security system of enterprise investment activity

27 *Mykhailenko G.* Aspects of development strategies of Ukrainian food industry

33 *Kutas O.* Features of development of meat cattle breeding in Ukraine

42 *Strashynskiy V.* Innovation activity of food enterprises in Ukraine: tendencies and priorities

51 *Yatsenko A.* Providing financial stability of enterprises of alcohol industry based on business planning

62 *Ilyenko N., Spasenko Yu.* Establishing an EU-Ukraine free trade zone as an effective protection of national economic interests

73 *Lutsiak V.* Competitiveness and quality of food: the general principles and methods of planning in small production enterprises

Processes and Equipment for Food Industries

84 *Dudko S.* Mathematical model and machine calculation algorithm of tunnel baking oven's heat exchange subsystem

96 *Mazurenko O., Samsonov V., Vorobiev L.* Dynamic prediction of level and speed of temperature increase of a damaged knot of turbogenerator

106 *Martseniuk A.* Intensification of absorption processes using the regime methods

119 *Pogorily T., Mironchuk V., Shtangeev K.* Analytical expressions for determining cellular systems contact time with the heating tube surface of vacuum apparatus heating chamber

129 *Dolomakin Y.* Effect of temperature on rheological characteristics of liquid wheat sourdough

137 *Dolinsky A., Avdeeva L., Zhukotsky E., Makarenko A.* Research of operational parameters of hydrodynamic cavitation at processing complex heterogeneous systems

Physical and Mathematical Sciences

142 *Gerasin O.* Methods for solving problems in geometric theory of probability on a plane

- Островська О.В., Юрик І.І.* Точні розв'язки багатовимірних нелінійних хвильових рівнянь 152
- Балюта С.М., Шестеренко В.С., Софілканич В.В.* Підвищення якості напруги на виході сонячних батарей 159
- Харчові технології**
- Бреус Н.М., Басс О.О., Маноха Л.Ю., Поліщук Г.Є.* Оптимізація складу морозива на молочній основі з цукристими речовинами 166
- Рябоконе Н.В., Кочубей-Литвиненко О.В., Чернюшок О.А.* Актуальність введення згущених молочних консервів з плодово-ягідними сиропами до добового раціону харчування військовослужбовців 172
- Дробот В.І., Сильчук Т.А.* Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба 180
- Пахомова І.В.* Антиоксиданти рослинного походження для жиромісних кондитерських виробів 185
- Сімакіна Г.О., Українець А.І.* Взаємозв'язок структури харчування і здоров'я — концептуальна основа розроблення продуктів для військовослужбовців 192
- Осокіна Н.М., Любич В.В., Возіян В.В.* Геометрична характеристика зерна спельти залежно від сорту 201
- Страшинський І.М., Пасічний В.М., Фурсік О.П.* Стабілізація показників фаршів варених ковбас з використанням білковмісної композиції 210
- Попова Н.В., Рибачок А.В., Прищепка Ю.Ю., Лапіна Н.В.* Технологія виробництва гіркої настоянки 219
- Боярчук Я.А., Шیان П.Л., Мудрак Т.О., Куц А.М.* Енергозберігаюча технологія спиртової бражки 225
- Білик О.А., Грищенко Г.М., Халікова Е.Ф., Маринін А.І.* Використання комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість +» у технології булочних виробів 233
- Корзун В.Н., Антонюк І.Ю.* Технологія десертів спрямованої функціональної дії 243
- Food Technology**
- Breus N., Bass O., Manoha L., Polischuk G.* Optimization of milk-based saccharine ice cream 166
- Ryabokon N., Kochubei-Lytvynenko O., Chernyshok O.* Importance of introduction of canned condensed milk with fruit syrup to the daily diet of military servicemen 172
- Drobot V., Silchuk T.* Using spontaneous fermentation sourdough in the production of rye-wheat bread 180
- Pakhomova I.* Antioxidants of plant origin for fat-containing confectionery 185
- Simakhina G., Ukrainets A.* Relationship between food structure and health as a conceptual framework for developing products for military personnel 192
- Osokina N., Lubich V., Voziyan V.* Geometric characteristics of spelt grains depending on the variety 201
- Strashynskiy I., Pasichnyi V., Fursik O.* Stabilization of parameters of minced meat for sausages using blend that contains protein 210
- Popova N., Rybachok A., Pryshchepa Y., Lapina N.* Production technology of tinctures 219
- Boiarchuk I., Shiyan P., Mudrak T., Kuts A.* Energy saving technology of distiller's wort 225
- Bilyk E., Grischenko G., Khalikova E., Marynin A.* Use of complex baking improver "Freshness +" in bakeries products technology 233
- Korzun V., Antonyuk I.* Technology of desserts of the directed functional action 243

TRANSFORMATION OF AROMATIC COMPOUNDS IN A SURFACTANT BY *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* IMV AL-5017, *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 AND *NOCARDIA VACCINII* IMV B-7405

T. Pirog, S. Antonuk, A. Sofilkanich
National University of Food Technologies

Key words:

Rhodococcus erythropolis IMV Ac-5017
Acinetobacter calcoaceticus IMV B-7241
Nocardia vaccinii IMV B-7405
Surfactants
Aromatic compounds

Article history:

Received 12.11.2015
Received in revised form 26.11.2015
Accepted 16.12.2015

Corresponding author:

T. Pirog
E-mail:
tapirog@nuft.edu.ua

ABSTRACT

The possibility of surfactants synthesis while growing *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 on the aromatic substrates (phenol, benzene, naphthalene, toluene, hexachlorobenzene, benzoic, sulfanilic and N-phenylanthranilic acid) was investigated. It has been established that *R. erythropolis* IMV Ac-5017 is capable to transform phenol and toluene (0.5 %) to the extracellular metabolites with surface-active and emulsifying properties (conditional surfactant concentration and emulsification index were 1.3—3.3 % and 45—55 %, respectively). The highest rates of synthesis (2.0—2.5 % for conditional surfactant concentration and 60—75 % for emulsification index) were observed while growing *N. vaccinii* IMB B-7405 on phenol, benzene, naphthalene and N-phenylanthranilic acid (0.5 %). Cultivation of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 in a medium containing 0.5 % phenol and benzoic acid came along with the increase of conditional surfactant concentration up to 2.8—3.6 and emulsification index up to 55—75 %.

ТРАНСФОРМАЦІЯ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК У ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* ІМВ АС-5017, *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ІМВ В-7241 І *NOCARDIA VACCINII* ІМВ В-7405

Т.П. Пирог, С.О. Антонюк, А.П. Софілканіч
Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість синтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) за умов росту *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 та *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 на ароматичних субстратах (фенол, бензол, нафталін, толуол, гексахлорбензол, бензойна, сульфанілова та N-фенілантранілова кислота). Встановлено, що *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 здатний трансформувати фенол і толуол (0,5 %) у поза-

клітинні метаболіти з поверхнево-активними й емульгуювальними властивостями (умовна концентрація ПАР та індекс емульгування становили 1,3—3,3 та 45—55 %, відповідно). Найвищі показники синтезу ПАР *N. vacciniі* ІМВ В-7405 (умовна концентрація ПАР 2,0—2,5, індекс емульгування 60—75 %) спостерігалися на фенолі, бензолі, нафталіні і *N*-фенілантранілової кислоті (0,5 %). Культивування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на середовищі з 0,5 % фенолу та бензойної кислоти супроджувалось підвищенням умовної концентрації ПАР до 2,8—3,6, а індексу емульгування — до 55—75 %.

Ключові слова: *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241, *Nocardia vacciniі* ІМВ В-7405, поверхнево-активні речовини, ароматичні сполуки.

Постановка проблеми. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я щороку близько 13 млн смертельних захворювань є наслідком незадовільного екологічного стану довкілля [1]. Світова спільнота надзвичайно занепокоєна даною проблемою, в результаті чого залучає значні матеріальні, технічні та інтелектуальні ресурси для її вирішення. Тільки з 2006 р. по 2010 р. Національна комісія розвитку та реформ Китаю інвестувала близько 175 млрд дол. США на програми з удосконалення методів очищення навколишнього середовища від негативного антропогенного впливу [2].

Агентство з охорони навколишнього середовища США встановило, що ксенобіотики ароматичної природи (пестициди, діоксини та поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) належать до групи найнебезпечніших забруднювачів довкілля [2]. За угодою Стокгольмської конвенції від 29 квітня 2011 року про заборону й обмеження використання токсичних хімічних сполук, яку підтримало 170 країн світу, список стійких органічних забрудників нараховував 21 ксенобіотик, 8 з яких були ароматичної природи [3].

Ароматичні сполуки вперше знайшли практичне використання у хімічній промисловості у 50-х роках ХХ ст. [4, 5]. Враховуючи пластичність, адгезивність, виражені діелектричні властивості, стійкість до дії хімічних і фізичних факторів, вони одразу ж стали незамінними у нафтопереробній, коксохімічній, фармацевтичній, будівельній, деревообробній галузі та сільськогосподарському секторі [6]. Згідно зі статистичними даними [7], попит на сполуки ароматичної природи щороку підвищується. Так, з 1976 р. по 2008 р. потужність виробництва бензолу у світі зросла з 19 до 46 млн т/рік, при цьому аналітики прогнозують, що до 2020 р. даний показник становитиме близько 57 млн т/рік [7, 8].

Уже в 1950-х роках були опубліковані праці, присвячені вивченню участі мікроорганізмів у процесах розкладу вуглеводнів, зокрема й ароматичних [4, 5]. Починаючи з 70-х років ХХ ст., увагу дослідників усього світу привернула проблема пошуку ефективних методів очищення довкілля від сполук ароматичної природи [6, 9, 10]. Спочатку технології знешкодження ароматичних сполук ґрунтувалися на використанні фізичних, хімічних і фізико-хімічних способів, заснованих на сорбції, екстракції, коагуляції, флотації, тепловій адсорбції й окисненні органічних сполук [9]. На рубежі ХХ—ХХІ ст., з

розвитком науково-технічного прогресу [11—13] було показано, що біотехнології можуть стати альтернативою вищезгаданим розробкам завдяки безпечності, дешевизні та високому потенціалу штамів-деструкторів сполук ароматичної природи.

Аналіз літературних даних [2, 14, 15] показав, що здатність мікроорганізмів використовувати водонерозчинні субстрати зумовлюється поглинанням в результаті прямої або сурфактант-опосередкованої взаємодії клітин з гідрофобними сполуками.

У деяких випадках можуть функціонувати обидва шляхи, проте все ж таки в основному в процесах залучення до метаболізму ароматичних сполук беруть участь поверхнево-активні речовини, які здійснюють солюбілізацію й емульгування важкодоступних субстратів [16].

Мета статті. Дослідження синтезу ПАР за умов росту *R. erythropolis* IMB Ac-5017, *A. calcoaceticus* IMB B-7241 та *N. vaccinii* IMB B-7405 на ароматичних субстратах.

Матеріали і методи. Культивування бактерій *A. calcoaceticus* IMB B-7241 проводили на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): NaCl — 1,0; Na₂HPO₄ — 0,6; (NH₂)₂CO — 0,35; KH₂PO₄ — 0,14; MgSO₄·7H₂O — 0,1; pH 6,8—7,0. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка) і розчин мікроелементів — 0,1 % (об'ємна частка). Розчин мікроелементів містив (г/100 мл): ZnSO₄·7H₂O — 1,1; MnSO₄·H₂O — 0,6; ЕДТА (Трилон Б) — 0,5; FeSO₄·7H₂O — 0,1; CoSO₄·7H₂O — 0,03; H₃BO₃ — 0,006; CuSO₄·5H₂O — 0,004; KI — 0,0001.

Культивування бактерій *N. vaccinii* IMB B-7405 здійснювали на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): NaNO₃ — 0,5—1,0; KH₂PO₄ — 0,1; MgSO₄·7H₂O — 0,1; CaCl₂·2H₂O — 0,1, pH 6,8—7,0. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка) і FeSO₄·7H₂O — 0,001 г/л. *R. erythropolis* IMB Ac-5017 вирощували на мінеральному поживному середовищі (г/л): NaNO₃ — 1,3; Na₂HPO₄ — 0,6; KH₂PO₄ — 0,14; MgSO₄·7H₂O — 0,1; NaCl — 0,1; FeSO₄·7H₂O — 0,001; pH 6,8—7,0.

Як єдине джерело вуглецю й енергії використовували фенол, гексахлорбензол, нафталін, бензойну, сульфанілову та N-фенілантранілову кислоту у концентрації 0,3—1,5 % (масова частка) та бензол і толуол у концентрації 0,3—1,5 % (об'ємна частка). Фенол і сульфанілову кислоту розчиняли у дистильованій воді і стерилізували в автоклаві 40 хв при 120 °С, а наважки гексахлорбензолу, нафталіну, бензойної та N-фенілантранілової кислоти попередньо кварцували впродовж 30 хв. Як посівний матеріал використовували добову культуру, вирощену на МПА.

Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 28—30 °С упродовж 96 год.

Для оцінки кількісного вмісту ПАР в культуральній рідині використовували показник, названий «умовна концентрація ПАР». Цей показник визначали як ступінь розведення супернатанту культуральної рідини в точці різкого збільшення поверхневого натягу на кривій залежності поверхневого натягу (σ_s) від логарифму показника розведення. Абсциса точки перетину дотичних до гілок кривої відповідає значенню умовної концентрації ПАР.

Умовна концентрація ПАР виражається в безрозмірних одиницях і позначається надалі нами як ПАР*. Вимірювання поверхневого натягу здійснювали на напіваавтоматичному аутотензіометрі TD1C LAUDA (Німеччина).

Для визначення індексу емульгування (E_{24} , %) до 2 мл постферментаційної культуральної рідини додавали 2 мл субстрату для емульгування (соняшникову олію) та струшували упродовж 2 хв. Вимірювання індексу емульгування проводили через 24 год як величину відношення висоти шару емульсії до загальної висоти рідини в пробірці і виражали у відсотках.

Результати і обговорення. Дані про синтез ПАР за умов росту *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 на середовищі з різними концентраціями (0,5—1,5 %) ароматичних субстратів наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Синтез поверхнево-активних речовин R. erythropolis ІМВ Ас-5017 на середовищі з ароматичними сполуками

Субстрат	Концентрація субстрату (%)	Показники синтезу ПАР		
		pH	ПАР*	E_{24} , %
Фенол	0,5	6,7	3,3±0,2	43
	1,0	6,8	0,8	56
	1,5	7,3	0,3	40
Нафталін	0,5	6,8	0,6	48
	1,0	7,2	0,2	40
	1,5	7,4	0,2	40
Бензол	0,5	6,7	0,5	48
	1,0	6,8	0,2	45
	1,5	6,9	—	—
Толуол	0,5	6,5	1,3±0,1	40
	1,0	6,8	0,1	42
	1,5	7,1	—	—
Гексадекан (контроль)	2,0	7,0	4,8±0,2	70

Примітки: «—» — показники на рівні нуля, табл. 1—3: під час визначення індексу емульгування похибка не перевищувала 5 %

Результати досліджень, наведені у табл. 1, показують, що штам ІМВ Ас-5017 може використовувати фенол і толуол у концентрації 0,5 % як джерело вуглецю й енергії для біосинтезу поверхнево-активних речовин (умовна концентрація ПАР становила 3,3 та 1,3, відповідно). Вищі концентрації фенолу й толуолу виявилися токсичною для *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017. Бензол і нафталін навіть у невисоких концентраціях інгібували біосинтез ПАР (ПАР* не перевищувала 0,6).

Враховуючи, що ароматичні сполуки у концентраціях вище 0,5 % інгібували синтез ПАР штамом ІМВ Ас-5017, у подальших дослідженнях *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 та *N. vaccinii* ІМВ В-7405 вирощували на середовищах з нижчими концентраціями субстратів (0,3—0,5 %) (табл. 2 і 3).

Таблиця 2. Утворення поверхнево-активних речовин під час вирощування N. vaccinii ІМВ В-7405 на ароматичних субстратах

Субстрат	Концентрація, %	ПАР*	E_{24} , %
1	2	3	4
Фенол	0,3	1,8±0,09	50
	0,5	2,5±0,01	70

Продовження табл. 2.

1	2	3	4
Бензол	0,3	0,5±0,03	40
	0,5	2,0±0,1	60
Толуол	0,3	0,7±0,03	50
	0,5	0,9±0,04	55
Нафталін	0,3	2,4±0,12	50
	0,5	2,6±0,13	70
N-фенілантранілова кислота	0,3	2,1±0,1	40
	0,5	2,3±0,11	75
Гексахлорбензол	0,3	1,5±0,07	50
	0,5	2,0±0,1	55
Гліцерин (контроль)	0,3	1,4±0,07	50
	0,5	2,0±0,1	60

Таблиця 3. Синтез поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на ароматичних сполуках

Субстрат	Концентрація, %	ПАР*	E ₂₄ , %
Фенол	0,3	3,2±0,16	65
	0,5	3,6±0,18	75
Бензол	0,3	1,6±0,08	50
	0,5	1,5±0,08	50
Толуол	0,3	1,7±0,09	55
	0,5	1,2±0,06	50
Бензойна кислота	0,3	2,1±0,1	55
	0,5	2,8±0,14	52
N-фенілантранілова кислота	0,3	1,9±0,09	45
	0,5	2,0±0,1	50
Нафталін	0,3	1,1±0,05	45
	0,5	0	0
Сульфанілова кислота	0,3	1,0±0,05	40
	0,5	0	0
Гексахлорбензол	0,3	1,5±0,08	45
	0,5	1,7±0,09	53
Етанол (контроль)	0,3	0,8±0,04	40
	0,5	1,0±0,05	43

Як демонструють дані, наведені у табл. 2, утилізація ароматичних сполук *N. vaccinii* IMB B-7405 супроводжувалася утворенням позаклітинних метаболітів з поверхнево-активними й емульгувальними властивостями. Максимальні показники синтезу ПАР (ПАР* 2,3—2,6 та E₂₄ 70—75 %) спостерігалися за умов росту штаму IMB B-7405 на середовищі, що містили 0,5 % нафталіну, N-фенілантранілової кислоти та фенолу.

Штам *A. calcoaceticus* IMB B-7241 характеризувався здатністю до синтезу ПАР за умов росту на ширшому наборі ароматичних субстратів, ніж *R. erythropolis* IMB Ac-5017 і *N. vaccinii* IMB B-7405 (див. табл. 1—3). Найвищі значення умовної концентрації ПАР (2,8—3,6) та індексу емульгування (до 75 %) досягалися у процесі культивування штаму IMB B-7405 на середовищі з 0,5 % фенолу й бензойної кислоти.

Аналіз літературних даних [17—20] показав, що мікроорганізми за умов росту на ароматичних сполуках здатні синтезували метаболіти з поверхнево-активними й емульгувальними властивостями. Так, *Brevibacillus* sp. PDM-3 [17] і *Pseudomonas* sp. USTB-RU [19] утворювали поверхнево-активні речовини під час культивування на фенатрені. У процесі вирощування дріжджів *Candida tropicalis* CE017 на фенолі (0,5—1,0 %) індекс емульгування (з використанням гасу як субстрату) підвищувався до 40—45 % уже на 24 год росту [20]. У [17, 19, 20] зазначається, що здатність до синтезу таких позаклітинних метаболітів значно полегшує асиміляцію ароматичних субстратів мікроорганізмами.

Висновки

Отже, у результаті проведеного дослідження встановлено можливість біоконверсії токсичних ароматичних сполук у поверхнево-активні речовини штамми *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 та *N. vaccinii* ІМВ В-7405, що робить привабливим використання цих штамів у природоохоронних технологіях для очищення довкілля від ксенобіотиків ароматичної природи.

Література

1. Bernstein A., Adar E., Nejdat A., Ronen Z. Isolation and characterization of RDX-degrading *Rhodococcus* sp. from a contaminated aquifer // *Biodegradation*. — 2011. — Vol. 42, # 5. — P. 208—215.
2. Haritash A.K., Kaushik C.P. Biodegradation aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review // *J. Hazard. Mater.* — 2009. — Vol. 169, # 1—3. — P. 1—15.
3. Muffler K., Leipolda D., Schellera M., Haasb C., Steingroewerb J., Bleyb T., Ekkehard H., Miratad M., Schraderd J., Ulbera R. Biotransformation of triterpenes // *Process Biochemistry*. — 2011. — Vol. 46, # 1. — P. 1—15.
4. ZoBell C.E. Action of microorganisms on hydrocarbons // *Bacteriol. Rev.* — 1946. — Vol. 10, # 1—2. — P. 1—49.
5. ZoBell C.E. Assimilation of hydrocarbons by microorganisms // *Adv. Enzymol. Relat. Subj. Biochem.* — 1950. — Vol. 10. — P. 443—486.
6. Alexander M., Lustigman B. K. Effect of chemical structure on microbial degradation of substituted benzenes // *J. Agric. Food Chem.* — 1966. — Vol. 14. — P. 410—413.
7. Tyagi M., da Fonseca M.M., de Carvalho C.C. Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes // *Biodegradation*. — 2011. — Vol. 22, # 2. — P. 231—241.
8. Yang-Chun Y., Jian-Jiang Z. Recent advances in biodegradation in China: New microorganisms and pathways, biodegradation engineering, and bioenergy from pollutant biodegradation // *Process Biochemistry*. — 2010. — Vol. 45. — P. 1937—1943.
9. Evans W.C., Smith B.S., Moss P., Fernley H.N. Bacterial metabolism of 4-chlorophenoxyacetate // *Biochem J.* — 1971. — Vol. 122, # 4 — P. 509—517.
10. Gibson D.T., Hensley M., Yoshioka H., Mabry T.J. Formation of (1)-cis-2,3-dihydroxy-1-methylcyclohexa-4,6-diene from toluene by *Pseudomonas putida* // *Biochemistry*. — 1970. — Vol. 9, # 7. — P. 1626—1630.
11. Coates J.D., Anderson R.T., Lovley D.R. Oxidation of polycyclic aromatic hydrocarbons under sulfate-reducing conditions // *Appl. Environ. Microbiol.* — 1996. — Vol. 62, # 3. — P. 1099—1111.
12. Kastner M., Breuer-Jammali M., Mahro B. Impact of inoculation protocols, salinity, and pH on the degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and survival of PAH-degrading bacteria introduced into soil // *Appl. Environ. Microbiol.* — 1998. — Vol. 64, # 1. — P. 359—362.
13. Sandrin T.R., Chech A.M., Maier R.M. Rhamnolipid biosurfactant reduces cadmium toxicity during naphthalene biodegradation // *Appl. Environ. Microbiol.* — 2000. — Vol. 66, # 10. — P. 4585—4588.

14. Groboillot A., Portet-Koltalo F., Le Derf F., Feuilleley M.J., Orange N., Poc C.D. Novel application of cyclolipopeptide amphiphilic: feasibility study as additive to remediate polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contaminated sediments // *Int. J. Mol. Sci.* — 2011. — Vol. 12, # 3. — P. 1787—1806.
15. Liu Z., Zeng Z., Zeng G., Li J., Zhong H., Yuan X., Liu Y., Zhang J., Chen M., Liu Y., Xie G. Influence of rhamnolipids and Triton X-100 on adsorption of phenol by *Penicillium simplicissimum* // *Bioresour. Technol.* — 2012. — Vol. 110. — P. 468—473.
16. Pirog T., Sofilkanych A., Konon A., Shevchuk T., Ivanov S. Intensification of surfactants' synthesis by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* K-8 on fried oil and glycerol containing medium // *Food Bioprod. Process.* — 2013. — Vol. 91, # 2. — P. 149—157.
17. Reddy M.S., Naresh B., Leela T., Prashanthi M., Madhusudhan N.C., Dhanasri G., Devi P. Biodegradation of phenanthrene with biosurfactant production by a new strain of *Brevibacillus* sp. // *Bioresour. Technol.* — 2010. — Vol. 101. — P. 7980—7983.
18. Pacwa-Plociniczak M., Plaza G., Piotrowska-Seget Z., Cameotra S.S. Environmental applications of biosurfactants: recent advances // *Int. J. Mol. Sci.* — 2011. — Vol. 12, # 1. — P. 633—654.
19. Masakorala K., Yao J., Cai M., Chandankere R., Yuan H., Chen H. Isolation and characterization of a novel phenanthrene (PHE) degrading strain *Pseudomonas* sp. USTB-RU from petroleum contaminated soil // *J. Hazard. Mater.* — 2013. — Vol. 263, # 2. — P. 493—500.
20. Rocha L.L., de Aguiar Cordeiro R., Cavalcante R.M., do Nascimento R.F., Martins S.C., Santaella S.T., Melo V.M. Isolation and characterization of phenol-degrading yeasts from an oil refinery wastewater in Brazil // *Mycopathologia.* — 2007. — Vol. 164, # 4. — P. 183—188.

ТРАНСФОРМАЦИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* IMB AC-5017, *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 И *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405

Т.П. Пирог, С.О. Антонюк, А.П. Софилканич
Национальный университет пищевых технологий

В статье исследовалась возможность синтеза поверхностно-активных веществ (ПАВ) при выращивании *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 и *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 на ароматических субстратах (фенол, бензол, нафталин, толуол, гексахлорбензол, бензойная, сульфаниловая и *N*-фенилантрапиловая кислота). Установлено, что *R. erythropolis* IMB Ac-5017 способен трансформировать фенол и толуол (0,5 %) во внеклеточные метаболиты с поверхностно-активными и эмульгирующими свойствами (условная концентрация ПАВ и индекс эмульгирования составляли 1,3—3,3 и 45—55 %, соответственно). Наиболее высокие показатели синтеза ПАВ *N. vaccinii* IMB B-7405 (условная концентрация ПАВ 2,0—2,5, индекс эмульгирования 60—75 %) наблюдались на феноле, бензоле, нафталине и *N*-фенилантрапиловой кислоте (0,5 %). Культивирование *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на среде с 0,5 % фенола и бензойной кислоты сопровождалось повышением условной концентрации ПАВ до 2,8—3,6, а индекса эмульгирования — до 55—75 %.

Ключевые слова: *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Nocardia vaccinii* IMB B-7405, поверхностно-активные вещества, ароматические соединения.

INCREASING THE ADSORPTION OF BACTERIAL CELLS TO THE SAND GRAINS FOR ENABLING THE INTENSIFICATION OF BIOCEMENTATION

V. Stabnikov

National University of Food Technologies

Key words: <i>Urease-producing bacteria</i> <i>Biocementation</i> <i>Adsorption of cells</i> <i>Metal cations</i>	ABSTRACT The biotechnology of biocement production for its use in construction industry and geotechnics is being developed as an alternative for conventional cement. The basis for biocementation is microbially induced calcium carbonate precipitation, which consists of two major steps: adsorption of cells of urease-producing bacteria on the surface of sand particles and enzymatic hydrolysis of urea in the presence of calcium ions that is accompanied by the formation of calcium carbonate crystals. The conducted research shows that the treatment of sand with calcium, aluminum or ferric cations increases the adsorption of bacterial cells to the sand particles from 29 to 37 % in comparison with non-treated sand and allows a 3-fold decrease in time needed for 100 % cells adsorption.
Article history: Received 05.11.2015 Received in revised form 20.11.2015 Accepted 16.12.2015	
Corresponding author: V. Stabnikov E-mail: npnft@ukr.net	

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ АДСОРБЦІЇ БАКТЕРІАЛЬНИХ КЛІТИН ДО ЗЕРЕН ПІСКУ З МЕТОЮ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ БІОЦЕМЕНТАЦІЇ

В.П. Стабніков

Національний університет харчових технологій

Біотехнологія виробництва біоцементу для використання в будівництві та геотехніці розробляється як альтернатива традиційному цементу. Основою біоцементациї є мікробно-ініційоване осадження карбонату кальцію, яке складається з двох головних стадій: адсорбції клітин уреазо-продукуючих бактерій на частинках піску й ензиматичного гідролізу сечовини за наявності іонів кальцію, який супроводжується утворенням кристалів карбонату кальцію. В статті показано, що обробка піску катіонами кальцію, алюмінію або заліза підвищує адсорбцію бактеріальних клітин на зернах піску від 29 до 37 % порівняно з необробленим піском і дозволяє скоротити час, потрібний для досягнення 100 % адсорбції клітин, у три рази.

Ключові слова: *уреазо-продукуючі бактерії, біоцементация, адсорбція клітин, катіони металів.*

Постановка проблеми. В останні роки в лабораторіях таких країн, як Нідерланди, Австралія, Сполученні Штати Америки, Сінгапур і Китай ведуться досліди та польові тестування з метою отримання та використання нового біотехнологічного продукту — біоцементу. Одним із можливих напрямків застосування біоцементу є підвищення міцності ґрунту та зменшення його водопроникності. Змішування ґрунту з цементом і хімічними реагентами часто використовується у геотехнічній інженерії для закріплення ґрунтів [1]. Однак в'язкість цементного розчину занадто висока для того, щоб його можна було застосовувати для інжекції в пісковий ґрунт. У цьому випадку можна використовувати хімічні закріплювачі, але більшість цих закріплювачів мають високу вартість і токсичні для людини, тварин та рослин. Розчин біозакріплювача (біоцементу) має низьку в'язкість і тому може глибше проникати у ґрунт, ніж цемент та хімічні закріплювачі. Основою процесу біоцементатації є мікробно-ініційоване осадження карбонату кальцію, яке складається з двох головних стадій: адсорбції ферменту уреазы або клітин уреазы-продукуючих бактерій (УПБ) на частинках піску та ензиматичного гідролізу сечовини за наявності іонів кальцію, який супроводжується утворенням кристалів карбонату кальцію [2].

Адсорбція бактеріальних клітин на зернах піску та рух бактеріальних клітин у його порах залежить від розміру, поверхневого заряду (дзета-потенціалу) та гідрофобності частинок піску й бактеріальних клітин, а також від концентрації протонів та інших іонів у середовищі [3, 4].

Метою дослідження є вивчення можливості контролю процесу адсорбції клітин уреазы-продукуючих бактерій на зернах піску за рахунок обробки їх катіонамірних металів.

Матеріали і методи. Галотолерантний та алкалофільний штам уреазы-продукуючих бактерій *Bacillus* sp. VS1 [5] вирощували в аеробних умовах до початку стаціонарної фази росту. Бактеріальну біомасу видаляли центрифугуванням, промивали від залишків культуральної рідини та ресуспендували у фізіологічному розчині 0,85 % NaCl. Суспензію відмитих бактеріальних клітин використовували в експериментах з прискорення адсорбції бактеріальних клітин до зерен піску.

У дослідженні застосовували сортований пісок ASTM (Американське товариство з випробування матеріалів) із зернами округлої форми, щільністю 2650 кг/м³ та вмістом кремнезему, SiO₂, ≥ 95 %. Три різні фракції піску були отримані просіюванням через сита: крупнозерниста фракція мала зерна розміром між 1,2 та 0,6 мм, середня фракція — між 0,6 та 0,2 мм, мілкозерниста фракція — нижче 0,2 мм.

Ефективність адсорбції бактеріальних клітин оцінювали за зміною оптичної щільності рідини, яка виходила з піщаної колонки. Оптичну щільність розчинів вимірювали при довжині хвилі 600 нм на УФ спектрофотометрі. Уреазну активність визначали як кількість амонію, що утворилася в 1 М розчині сечовини за 5 хв.

У дослідженні використовували 50 мл колонки з полівінілхлориду (діаметр 2,8 см та довжина 12 см). Час, потрібний для повної адсорбції бактеріальних клітин, визначали на колонках, які були заповнені піском з частками розміром між 0,6 та 0,2 мм. Бактеріальну біомасу видаляли з культуральної рідини

центрифугуванням та ресуспендували у 10 % NaCl. 25 мл суспензії бактеріальних клітин з відомими оптичною щільністю й уреазною активністю, інжектували у зразки піску в напрямі від низу до верху для запобігання утворення каналів у піску та витримували 15, 30 та 60 хвилин. Ступінь адсорбції клітин на гранулах піску оцінювали за зміною оптичної щільності й уреазної активності у рідині, що виходила з колонок через 15, 30 та 60 хвилин.

Обробку зразків піску катіонами проводили в колонках водою (контроль), а в експериментах — 50 мМ розчинами кальцію або тривалентного заліза чи алюмінію. 25 мл свіжоприготованих розчинів хлоридів алюмінію, заліза та кальцію з рН 3,6, 1,8 та 5,8 відповідно вприскували у зразки піску в напрямі від низу до верху та витримували 1 год. Розчин самопливно видаляли і пісок тричі промивали інжекцією 25 мл деіонізованої води в напрямі зверху донизу. Значення рН води після третього промивання були 6,5, 6,9 та 7,2 для зразків піску, які були оброблені Al^{3+} , Fe^{3+} та замість Ca^{2+} катіонами, відповідно. Деіонізовану воду, 25 мл, використовували замість розчину солі в контролі. При вивченні адсорбції клітин 25 мл суспензії бактеріальних клітин з відомими оптичною щільністю й уреазною активністю інжектували у зразки піску в напрямі від низу до верху для запобігання утворення каналів у піску.

Результати і обговорення. Для визначення часу, який потрібен для повної адсорбції бактеріальних клітин на зернах піску, 25 мл суспензії клітин УПБ інжектували у напрямі від низу до верху в колонки, які були заповнені піском середньої фракції з розміром часток між 0,6 та 0,2 мм. Ефективність адсорбції бактеріальних клітин на частинках піску розміром між 0,2 та 0,6 мм визначали за зниженням вмісту бактеріальних клітин (вимірювання оптичної щільності при довжині хвилі 600 нм, $ОЩ_{600}$) та уреазної активності рідини, що виходила зверху колонки (рис.).

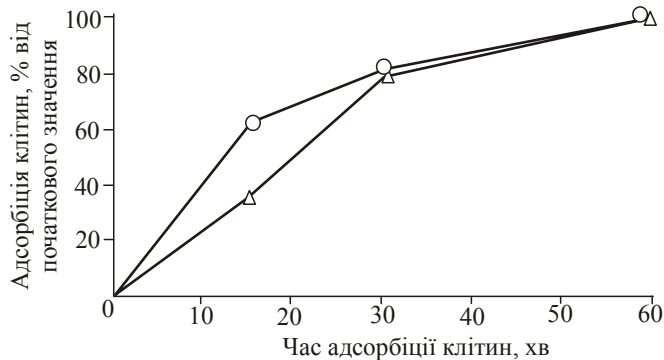


Рис. Адсорбція бактеріальних клітин на піску (адсорбція оцінювалась за оптичною щільністю $ОЩ_{600}$ (○) та уреазною активністю клітин (Δ))

Повну адсорбцію клітин спостерігали в колонках з подачею бактеріальної суспензії знизу до верху за 60 хвилин. Однак при практичному застосуванні біоцементатії для біозакріплення ґрунтів бактеріальна суспензія подається у напрямку зверху донизу. Вона проходить через шар піску і частина клітин вимивається із зони біоцементатії, а не адсорбується на зернах піску. Так, у

разі пропуску 25 мл бактеріальної суспензії зверху донизу через колонку з піском протягом 60 хв адсорбція клітин становила 44 % за оптичною щільністю та 39 % — за уреазною активністю.

Перевіряли можливість підвищити швидкість та ефективність адсорбції клітин бактерій на зернах піску шляхом їх попередньої обробки катіонами металів. При подачі бактеріальної суспензії у напрямі знизу доверху адсорбція клітин піском була завершена за 60 хв (рис.), тому тривалість усіх експериментів з вивчення впливу катіонів на адсорбцію клітин була 20 хвилин. Для цього часу адсорбція клітин по зміні оптичної щільності становила 69 % (рис.). Як зазначалося вище, пісок у колонках був оброблений різними катіонами, суспензію бактеріальних клітин інжектували у колонки з піском у напрямку знизу доверху. Ефективність адсорбції бактеріальних клітин на зернах піску після їх попередньої обробки різними катіонами оцінювалась за оптичною щільністю (результати наведені у табл.).

Таблиця. Ефективність адсорбції бактеріальних клітин на зернах піску після попередньої обробки катіонами різних металів

Розчин для обробки піску	Ефективність адсорбції клітин, % від початкової кількості, на зернах піску з розмірами, мм		
	0,2—0,6	0,6—1,2	> 1,2
Вода (контроль)	70	68	65
Розчин з Ca^{2+}	96	94	82
Розчин з Fe^{3+}	90	89	80
Розчин з Al^{3+}	92	90	84

Попередня обробка піску розчинами катіонів Ca^{2+} , Fe^{3+} , або Al^{3+} підвищувала абсорбцію бактеріальних клітин на 31 ± 6 % (середнє значення \pm середньоквадратичне відхилення для трьох повторностей) порівняно з контролем (пісок був оброблений водою).

Представлені дані показують, що ефективність адсорбції бактеріальних клітин не залежала від розміру зерен піску в діапазоні 0,2 — 2 мм. Це можна гіпотетично пояснити тим, що ефективність адсорбції бактеріальних клітин не залежить від питомої поверхні піску, але залежить від кількості позитивно заряджених місць, створених катіонами, що адсорбувалися на поверхні зерен піску.

Відомо, що покриття поверхні піску катіонами значно посилює адгезію клітин до зерен піску [4]. Це відбувається внаслідок збільшення позитивно заряджених місць на поверхні зерен піску, які притягують негативно заряджені місця на поверхні бактеріальних клітин. Як показали наші дослідження, попередня обробка піску тривалентними іонами Fe^{3+} та Al^{3+} або двовалентним катіоном Ca^{2+} підсилювала адсорбцію бактеріальних клітин майже до одного і того ж значення $31 \pm 6\%$, незважаючи на те, що містки між піском і бактеріальними клітинами, які були створені тривалентними катіонами, повинні бути в 1,5 раза міцнішими за соляні містки, що були створені двовалентними катіонами. Це означає, що адсорбція бактеріальних клітин, яка підсилена катіонами, відбувається завдяки числу позитивно заряджених місць, а не завдяки міцності зв'язків між катіонами та поверхнею.

Висновок

При проведенні біоцементації доцільно проводити попередню обробку піску катіонами металів. Обробка піску катіонами кальцію, алюмінію та заліза підвищувала адсорбцію бактеріальних клітин на зернах піску від 29 до 37 % порівняно з необробленим піском і дозволяла скоротити час, потрібний для досягнення 100 % адсорбції клітин у три рази.

Література

1. Karol R.H. Chemical Grouting and Soil Stabilization. — New York, 2003. — 558 p.
2. Stabnikov V., Ivanov V., Chu J. Construction Biotechnology: a new area of biotechnological research and applications // World Journal of Microbiology and Biotechnology. — 2015. — V. 31, # 9. — P. 1303—1314.
3. Jacobs A., Lafolie F., Herry J.M., Debroux M. Kinetic adhesion of bacterial cells to sand: Cell surface properties and adhesion rate // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. — 2007. — V. 59, # 1. — P. 35—45.
4. Tan Y., Bond W., Rovira A.D., Brisbane P.G., Griffin D.M. Movement through soil of a biological control agent, *Pseudomonas fluorescens* // Soil Biology and Biochemistry. — 1991. — V. 23, # 9. — P. 821—825.
5. Stabnikov V., Chu J., Ivanov V., Li Y. Halotolerant, alkaliphilic urease-producing bacteria from different climate zones and their application for biocementation of sand // World Journal of Microbiology and Biotechnology. — 2013. — V. 29, # 8. — P. 1453—1460.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ АДСОРБЦИИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ КЛЕТОК НА ЗЕРНАХ ПЕСКА С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА БИОЦЕМЕНТАЦИИ

В.П. Стабников

Национальный университет пищевых технологий

Биотехнология производства биоцемента для его использования в строительстве и геотехнике разрабатывается как альтернатива традиционному цементу. Основой биоцементации является микробно-иницированное осаждение карбоната кальция, которое состоит из двух главных стадий: адсорбции клеток уреазы-продуцирующих бактерий на частицах песка и ферментативного гидролиза мочевины в присутствии ионов кальция, который сопровождается образованием кристаллов карбоната кальция. В статье показано, что обработка песка катионами кальция, алюминия или железа повышает адсорбцию бактериальных клеток на зернах песка от 29 до 37 % по сравнению с необработанным песком и позволяет сократить время, необходимое для получения 100 % адсорбции клеток, в три раза.

Ключевые слова: уреазы-продуцирующие бактерии, биоцементация, адсорбция клеток, катионы металлов.

FORMATION OF SECURITY SYSTEM OF ENTERPRISE INVESTMENT ACTIVITY

T. Basyuk

National University of Food Technologies

Key words:

Economic security
Investment security of the company
Information support
Investment risk

Article history:

Received 14.11.2015
Received in revised form
28.11.2015
Accepted 22.12.2015

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article considers such areas of investment enterprise security as information management system for investment activity and investment risk management system in the enterprise. It is stated that the information support system as a part of the investment enterprise security should include the figures generated from external and internal sources. The management of investment risk projects aimed at improving the security of a company should include two areas of managerial influence on the risks in investing activities: 1) the development and application of measures for the reduction of risk (redistribution and/or adding resources, adjusting the project schedule, more research and exploration, adjusting project documentation and technical and economic indicators; 2) the development and application of measures to reduce the consequences of risk (insurance, involvement of guarantors, attracting co-investors).

НАПРЯМИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Т.П. Басюк

Національний університет харчових технологій

У статті приділено увагу таким напрямам побудови інвестиційної безпеки підприємства: системі інформаційного забезпечення інвестиційної діяльності і системі управління інвестиційними ризиками на підприємстві. Зазначено, що система інформаційного забезпечення як складова інвестиційної безпеки підприємства повинна містити показники, що формуються із зовнішніх і внутрішніх джерел. Управління інвестиційними ризиками проектів для підвищення безпеки підприємства повинно передбачати два напрямки управлінського впливу на ризики в інвестиційній діяльності: 1) розробка і застосування заходів щодо зниження самого ризику (перерозподіл та/або додавання ресурсів, коригування календарного плану проекту, проведення додаткових досліджень і розвідки, коригування проектної документації й техніко-економічних показників; 2) розробка і застосування заходів щодо зниження наслідків ризику (страхування, залучення гарантів, залучення співінвесторів).

Ключові слова: економічна безпека, інвестиційна безпека підприємства, інформаційне забезпечення, інвестиційний ризик.

Постановка проблеми. У сучасних умовах процес успішного функціонування та розвитку підприємств багато в чому залежить від створення ефективної системи внутрішнього захисту. Така система повинна забезпечувати підприємствам можливість отримання очікуваного результату в умовах невизначеності стану зовнішнього й внутрішнього середовища. Згідно з теорією та практикою економіки підприємства згадана система визначається як економічна безпека підприємства. Економічна безпека підприємства може трактуватись як такий стан господарюючого суб'єкта, при якому він за найбільш ефективного використання корпоративних ресурсів домагається запобігання, ослаблення або захисту від існуючих небезпек і загроз або інших непередбачених обставин і в основному забезпечує досягнення цілей бізнесу в умовах конкуренції та господарського ризику.

Економічна безпека підприємства складається із сукупності напрямів, серед яких людський (включаючи кадровий), технологічний, матеріальний (у тому числі сировинний), інституційний, організаційний, інформаційний, продукто-вий, фінансовий, інвестиційний [8].

Поняття економічної безпеки є своєрідним симбіозом усіх перерахованих складових, тому будь-яка шкода, заподіяна підприємству, має свої негативні наслідки і для його матеріальної складової. Таким чином, інвестиційна безпека є складовою ланкою економічної безпеки і від ефективності її забезпечення залежить безпека підприємства в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика економічної безпеки підприємства та її інвестиційної складової знаходиться в центрі уваги таких зарубіжних і вітчизняних дослідників, як В.Л. Безбожний, З.С. Варналій, В.М. Геєць, М.П. Денисенко, М.В. Дорошко, О.І. Захаров, С.В. Кавун, Е.В. Камишнікова, С.В. Капітула, В.І. Кириленко, О.А. Кириченко, А.В. Кірієнко, Г.В. Козаченко, О.Я. Кравчук, О.О. Кучеренко, С.М. Лаптев, О.М. Ляшенко, П.В. Мельник, Є.А. Олейніков, В.П. Пономарьов, В.В. Прохорова, Л.Л. Тарангул, М.Б. Тумар, А.М. Турило, А.М. Штангрет, В.М. Якубець, В.І. Ярочкін та ін.

Мета статті. Проблеми забезпечення безпеки були і залишаються головними складовими забезпечення загального стійкого розвитку будь-якого підприємства. І хоча вже з'явилися фундаментальні напрацювання з проблем інвестиційної безпеки [1, с. 28; 2, с. 233], однозначного визначення сутності, змісту та напрямів формування системи інвестиційної безпеки підприємства на сьогодні немає, тому доцільним є дослідження сутності інвестиційної безпеки на макро- та макрорівні; підходів до побудови системи безпеки інвестиційної діяльності підприємства за критеріями інформаційного забезпечення й рівня інвестиційного ризику.

Викладення основного матеріалу. Досліджуючи проблематику інвестиційної безпеки як складової загальної економічної безпеки підприємства, варто зазначити, що її розглядають на макро- та мікрорівні. На макрорівні термін «інвестиційна безпека» трактується як процес забезпечення такого стану інвестиційної сфери, за якого економічна стратегія розвитку підприємства здатна зберігати і підтримувати достатній рівень інвестиційних ресурсів в умовах дії внутрішніх і зовнішніх загроз, що є необхідним для забезпечення стійкого розвитку й економічної стабільності і, як результат, зростання кон-

курентоспроможності національної економіки та добробуту населення [6, 7]. На мікрорівні інвестиційна безпека може розглядатись як стан і процес. З одного боку, вона характеризує досягнутий рівень використання інвестиційних ресурсів в економічній політиці суб'єкта господарювання, а з іншого — визначає процес і напрями ефективного їх використання [3].

З огляду на вищезазначене, інвестиційна безпека підприємства — це міра узгодження довгострокових економічних інтересів підприємства як суб'єкта інвестиційної діяльності з суб'єктами зовнішнього середовища, за якої в умовах загроз підприємство в довгостроковому періоді не переходить в кризовий стан, який загрожує збитками великого масштабу, втратою конкурентоспроможності, порушенням нормального режиму господарської діяльності.

Інвестиційна безпека на макрорівні забезпечується проведенням комплексу політичних, організаційно-технічних та інших заходів, спрямованих на зниження інвестиційних ризиків [5]. З боку держави забезпечення інвестиційної безпеки включає гарантії прав патентів, ліцензій і контрактів; поліпшення підприємницького клімату, що відображає політичну стабільність, ставлення суспільства і держави до іноземних інвестицій, стабільність законодавства, що регулює права власності; зниження криміногенності; зниження фінансових ризиків, конвертованість і стабільність національної валюти; фіксування обмежувальних заходів щодо руху іноземних капіталів і товарів. Інвестиційна безпека залежить і від таких факторів, як масштаби економіки і місткість ринку, рівень інфляції, ставки оподаткування, потреба в іноземних інвестиціях і валюті [9].

Інвестиційна безпека на рівні окремого підприємства забезпечується системою заходів, які в сукупності створюють сприятливі умови для інвестиційної діяльності і, як наслідок, позитивно відображаються на результатах операційної діяльності.

Серед таких заходів потрібно виділити:

- 1) систему інформаційного забезпечення інвестиційної діяльності підприємства;
- 2) систему управління інвестиційними ризиками;

Зміст системи інформаційного забезпечення інвестиційної діяльності, її широта та глибина визначається галузевими особливостями операційної діяльності підприємства, обсягом і ступенем диверсифікації інвестиційної діяльності та іншими умовами. Конкретні показники цієї системи формуються як за рахунок зовнішніх, так і за рахунок внутрішніх джерел інформації.

Система показників інформаційного забезпечення інвестиційного менеджменту, що формуються із зовнішніх джерел, діляться на такі групи:

1. Показники, що характеризують загальноекономічний розвиток країни (макроекономічний і галузевий). До інформаційних показників, що характеризують макроекономічний розвиток, відносяться: темп зростання ВВП і національного доходу; розподіл національного доходу на споживання і нагромадження; обсяг капітальних вкладень; введення в дію основних засобів; індекс інфляції; облікова ставка НБУ. Галузевий розвиток характеризується обсягом і динамікою виробленої та реалізованої продукції; динамікою обсягу капітальних вкладень; загальною вартістю активів підприємств, у тому числі необоротних та їх віком; сумою власного капіталу підприємств; сумою

валового прибутку підприємств, в тому числі від операційної та інвестиційної діяльності, індексом цін на продукцію галузі в періоді, що розглядається.

2. Показники, що характеризують кон'юнктуру інвестиційного ринку (фондових інструментів, грошових інструментів, капітальних товарів і послуг). Інформаційними показниками, що характеризують кон'юнктуру ринку фондових інструментів є: види основних фондових інструментів; котирувальні ціни попиту і пропозиції по основних видах фондових інструментів; обсяги і ціни угод по основних видах фондових інструментів; зведений індекс динаміки цін на фондовому ринку. Показники, що характеризують кон'юнктуру ринку грошових інструментів інвестування: кредитна ставка окремих комерційних банків, що диференціюється за строками надання кредиту; депозитна ставка окремих комерційних банків, що диференціюється по вкладах за вимогою та строкових; офіційний курс окремих валют, яким оперує підприємство в процесі здійснення зовнішньоекономічних операцій; курс купівлі-продажу аналогічних видів валют, що встановлено комерційними банками. Кон'юнктуру ринку капітальних товарів і послуг характеризують такі інформаційні дані: основні види капітальних товарів, що обертаються на товарному ринку і пов'язаних з інвестиційною діяльністю підприємства; котирувальні ціни попиту та пропозиції на відповідні капітальні товари; обсяги та ціни угод по відповідних капітальних товарах; середні ціни на інвестиційні послуги.

3. Показники, що характеризують діяльність контрагентів і конкурентів. Система цих показників використовується переважно для прийняття оперативних управлінських рішень по окремих аспектах здійснення інвестиційного процесу. Вони можуть формуватись за такими блоками: «Інвестиційні компанії, фонди та інші посередники», «Банки», «Інвестиційні підрядчики», «Страхові компанії», «Постачальники реальних капітальних товарів», «Продавці нематеріальних активів», «Конкуренти». Склад інформативних показників кожного блоку визначається конкретними цілями управління інвестиціями. Обсягом інвестиційної діяльності, тривалістю партнерських відносин та іншими умовами.

4. Нормативно-регулюючі показники. Ці показники формуються переважно у розрізі двох блоків: «Нормативно-регулюючі показники по різноманітних аспектах інвестиційної діяльності підприємства», «Нормативно-регулюючі показники по питаннях функціонування окремих сегментів інвестиційного ринку».

Система показників інформаційного забезпечення інвестиційного менеджменту, що формуються із внутрішніх джерел, ділиться на три групи:

1. Показники, що характеризують рівень інвестиційної активності підприємства в цілому. До цієї групи відносяться: показники, що характеризують обсяги реального та фінансового інвестування; показники, що характеризують обсяги формування власних інвестиційних ресурсів; показники, що характеризують грошові потоки по інвестиційній діяльності.

2. Показники, що характеризують фінансові результати інвестиційної діяльності окремих структурних підрозділів підприємства: фінансові результати по основних формах інвестиційної діяльності; фінансові результати інвестиційної діяльності в регіональному розрізі; фінансові результати діяльності окремих «центрів інвестицій».

3. Нормативно-планові показники, що пов'язані з інвестиційною діяльністю підприємства: система внутрішніх нормативів, що регулюють інвестиційну діяльність підприємства; система планових показників інвестиційної діяльності підприємства.

Підприємство здійснює інвестиційну діяльність в умовах невизначеності і ризику. З метою забезпечення високого рівня інвестиційної безпеки на підприємстві має бути побудовано ефективне управління ризиками.

Управлінням ризиками являє собою процес вироблення компромісу, спрямованого на досягнення балансу між вигодами від зменшення ризику і необхідними для цього витратами, а також прийняття рішення про те, які дії для цього слід зробити (включаючи відмову від будь-яких дій). Іншими словами, це процес передбачення і нейтралізації негативних фінансових наслідків, пов'язаних з їх ідентифікацією, оцінкою, профілактикою і страхуванням.

Управління ризиками ґрунтується на певних принципах, основними з яких є:

1. Усвідомленість прийняття ризиків. Менеджер повинен свідомо йти на ризик, якщо він сподівається отримати відповідний дохід від здійснення інвестиційного проекту. Природно, що за окремими проектами після оцінки рівня ризику можна прийняти тактику «уникнення ризику», проте повністю виключити ризик з інвестиційної діяльності підприємства неможливо, тому ризик — об'єктивне явище, притаманне більшості господарських операцій.

2. Керованість прийнятими ризиками. До складу портфеля ризиків повинні включитися переважно ті з них, які піддаються нейтралізації в процесі управління незалежно від їх об'єктивної і суб'єктивної природи. Тільки за такими видами ризиків менеджер може використовувати весь арсенал внутрішніх механізмів їх нейтралізації, тобто проявити мистецтво управління ризиками. Ризики некеровані, наприклад, ризик форс-мажорної групи, можна лише передати зовнішньому страховику.

3. Порівнянність рівня прийнятих ризиків з рівнем прибутковості. Цей принцип є основоположним. Він полягає в тому, що підприємство повинно приймати в процесі здійснення інвестиційної діяльності лише ті види фінансових ризиків, рівень яких не перевищує відповідного рівня доходності по шкалі «прибутковість-ризик». Будь-який вид ризику, по якому рівень ризику вищий за рівень очікуваної прибутковості (з включеною в неї премією за ризик), повинен бути підприємством відхилений (або, відповідно, повинні бути переглянуті розміри премії за даний ризик).

4. Порівнянність рівня прийнятих ризиків з фінансовими можливостями підприємства. Очікуваний розмір фінансових втрат підприємства, що відповідає тому чи іншому рівню ризику, повинен відповідати тій частці капіталу, яка забезпечує внутрішнє страхування ризиків. В іншому варіанті наступ ризикового випадку спричинить втрату певної частини активів, що забезпечують інвестиційну діяльність підприємства, тобто знизить його потенціал формування прибутку і темпи майбутнього розвитку. Розмір ризикового капіталу, що включає і відповідні внутрішні страхові фонди, повинен бути визначений підприємством заздалегідь і служити кордоном прийняття тих видів ризиків, які не можуть бути передані партнеру по операції чи зовнішньому страховику.

5. Облік тимчасового фактора в управлінні ризиками. Чим довший період здійснення інвестиційного проекту, тим ширший діапазон супутніх ризиків, тим менше можливостей забезпечувати нейтралізацію їх негативних фінансових наслідків за критерієм економічності управління ризиками. За необхідності здійснення таких інвестиційних операцій підприємство повинно забезпечити отримання необхідного додаткового рівня дохідності по ній не тільки за рахунок премії за ризик, а й премії за ліквідність, тому що період здійснення інвестиційного проекту являє собою період «замороженої ліквідності» вкладеного в нього капіталу.

6. Облік фінансової стратегії підприємства в процесі управління ризиками. Система управління ризиками повинна базуватися на загальних критеріях обраної підприємством стосовно рівня допустимих ризиків), а також фінансової політики по окремих напрямках господарської діяльності.

7. Облік можливості передачі ризиків. Прийняття низки ризиків незрівнянне з фінансовими можливостями підприємства з нейтралізації їх негативних наслідків при ймовірному настанні ризикового випадку. У той же час здійснення відповідної інвестиційної операції може диктуватися вимогами стратегії і спрямованості господарської діяльності. Включення таких ризиків у портфель сукупних ризиків припустиме лише в тому випадку, якщо можлива часткова або повна їх передача партнерам по проекту чи зовнішньому страховику.

В інвестиційній діяльності основним завданням для керівництва є ухвалення рішення про прийнятність ризику, тобто оцінка, чи існує ймовірність неотримання очікуваного результату і чи не є можливі збитки занадто високими і загрозливими. Необхідно розглядати можливість зниження як рівня ризику, так і можливих збитків. Таким чином, можна говорити про існування двох напрямків управлінського впливу на ризики в інвестиційній діяльності: 1) розробка і застосування заходів щодо зниження самого ризику (тобто ймовірності настання події, що тягне відхилення результату від очікуваного); 2) розробка і застосування заходів щодо зниження наслідків ризику (тобто мінімізація відхилення результату від очікуваного).

Заходи щодо зниження ризику можуть включати в себе:

- 1) перерозподіл та/або додавання ресурсів;
- 2) коригування календарного плану проекту (наприклад, для перерозподілу витрат або зниження ризиків, пов'язаних з природно-кліматичними явищами);
- 3) проведення додаткових досліджень і розвідки;
- 4) коригування проектної документації й техніко-економічних показників.

Для зниження наслідків ризику можуть бути застосовані такі інструменти, як: страхування, залучення гарантів, залучення співінвесторів (для зниження обсягу власних інвестицій).

Підприємство з метою забезпечення інвестиційної безпеки може використовувати такі методи управління інвестиційним ризиком:

1. Передача ризику, тобто переклад відповідальності за ризик на іншу сторону за певну плату, в основному на страхову компанію. Іншими методами перенесення ризику є хеджування та диверсифікація. Хеджування здійснюється за допомогою таких біржових інструментів, як форварди, опціони, ф'ючерси. Диверсифікація передбачає розподіл інвестицій за різними фінан-

совими інструментами, що забезпечує можливість залишити прибутковість портфеля рівною сумі дохідностей окремих інструментів.

2. Розподіл ризиків між учасниками проекту. Розподіл ризиків між учасниками проекту планується на етапі підготовки плану проекту.

3. Утримання ризику, що передбачає збереження відповідальності за ризик, готовність і здатність покрити можливі збитки за рахунок власних коштів. Часто цей метод управління зводиться до створення спеціальних фондів і резервів під втрати.

4. Скорочення (запобігання та контролювання) ризику, що пов'язано із проведенням власних спеціальних заходів щодо обмеження розміру ризику, створення спеціальних систем запобігання шкоди (системи контролю, безпеки, технічні засоби охорони, пожежогасіння тощо).

5. Резервування коштів на покриття непередбачених витрат;

6. Поглинання ризику. Поглинання ризику — це включення етапу реалізації інвестиційного проекту в середовище, що зводить імовірність ризику до нуля.

7. Уникнення (скасування) ризику, найбільш простий метод, який полягає у відмові від проведення певних операцій. Однак для підприємця це одночасно означає втрату можливого доходу. Слід зазначити, що на практиці не завжди можна ухилитися від ризику.

Висновки

За підсумками вищерозглянутого можна зробити такі висновки:

- запорукою здійснення ефективної та безпечної інвестиційної діяльності на підприємстві є налагоджена система інформаційного забезпечення, яка, у свою чергу, є основою безпеки;

- для безпеки інвестиційної діяльності підприємство повинно організувати управління інвестиційними ризиками на високому рівні. З цією метою необхідно використовувати найбільш оптимальний метод управління інвестиційними ризиками з урахуванням усіх факторів, що впливають на інвестиційний проект.

Література

1. *Кириленко В.І.* Інвестиційна складова економічної безпеки: [монографія] / В.І. Кириленко. — К.: КНЕУ, 2005. — 232 с.
2. *Економічна безпека: навчальний посібник* / [З.С. Варналій, П.В. Мельник, Л.Л. Тарангул та ін.]; за ред. З.С. Варналія. — К.: Знання, 2009. — 647 с.
3. *Економічна безпека суб'єктів господарської діяльності в умовах глобальної фінансової кризи: [монографія]* / О.А. Кириченко, М.П. Денисенко, В.С. Сідак, С.М. Лаптев, С.А. Єрохін та ін.; заг. ред. О.А. Кириченко. — К.: ІМБ Університету «КРОК», 2010. — 412 с.
4. *Кудрявцев В.М.* Система управління інвестиційною безпекою підприємства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/11331/1/2.pdf>.
5. *Любимов В.І.* Поняття та критерії інвестиційної безпеки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=136>.
6. *Гапоненко В.Ф.* Экономическая безопасность предприятий. Подходы и принципы / В.Ф. Гапоненко, А.Л. Беспалько, А.С. Власков. — Москва: «Ось-89», 2007. — 208 с.
7. *Побережна Н.М.* Інвестиційна складова економічної безпеки [Електронний ресурс] / Н.М. Побережна // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер.: Техніч-

ний прогрес та ефективність виробництва. — 2013. — № 67. — С. 179—185. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vcpitp_2013_67_31.pdf.

8. Недашківський М.М. Інвестиційна безпека України в сучасних умовах [Електронний ресурс] / М.М. Недашківський, К.Ю. Подгорна // Збірник наукових праць Національного університету державної податкової служби України. — 2012. — № 1. — С. 274—280. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/zpnudps_2012_1_28.pdf.

9. Фалович А. Дослідження сучасних напрямків визначення сутності економічної безпеки підприємства [Електронний ресурс] / А. Фалович // Соціально-економічні проблеми і держава. — 2013. — Вип. 1. — С. 271—278. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Se-rid_2013_1_31.pdf.

НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Т.П. Басюк

Национальный университет пищевых технологий

В статье уделено внимание таким направлениям построения инвестиционной безопасности предприятия: системе информационного обеспечения инвестиционной деятельности, системе управления инвестиционными рисками на предприятии. Подчеркнуто, что система информационного обеспечения как составляющая инвестиционной безопасности предприятия должна содержать показатели, формируемые из внешних и внутренних источников. Управление инвестиционными рисками проектов для повышения безопасности предприятия должно предусматривать два направления управленческого воздействия на риски в инвестиционной деятельности: 1) разработка и применение мер по снижению самого риска (перераспределение и/или добавления ресурсов, корректировка календарного плана проекта, проведение дополнительных исследований и изысканий, корректировка проектной документации и технико-экономических показателей, 2) разработка и применение мер по снижению последствий риска (страхование, привлечения гарантов, привлечения соинвесторов).

Ключевые слова: *экономическая безопасность, инвестиционная безопасность предприятия, информационное обеспечение, инвестиционный риск.*

УДК:338:439

ASPECTS OF DEVELOPMENT STRATEGIES OF UKRAINIAN FOOD INDUSTRY

G. Mykhailenko

Institute of Food Resources of NAAS of Ukraine

Key words:

*Agriculture
Food industry
Strategy
Production
Export*

Article history:

Received 17.11.2015
Received in revised form
01.12.2015
Accepted 23.12.2015

Corresponding author:

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

ABSTRACT

Modern realities of economic relations between agricultural producers and food enterprises require more economically attractive areas of using raw materials and shift of their exports to the deep processing based on modern technological processes. Based on the analysis of the current state of some sectors of food industry of Ukraine, the strategic proposals concerning the implementation of complex processing of agricultural products for the production of competitive and quality food products that can replace foreign producers were developed.

АСПЕКТИ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Г.А. Михайленко

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Сучасні реалії економічних взаємовідносин виробників сільськогосподарської продукції з підприємствами харчової промисловості вимагають пошуку більш економічно привабливих напрямків використання сировинних ресурсів з перорієнтацією їх експорту на глибинну переробку на основі сучасних технологічних процесів. На основі аналізу сучасного стану деяких галузей харчової промисловості України розроблено стратегічні пропозиції щодо розвитку із запровадженням комплексної переробки сільськогосподарської продукції для отримання конкурентоспроможних і якісних продуктів харчування, що замінять продукцію зарубіжних товаровиробників.

Ключові слова: агропромисловий комплекс, харчова промисловість, стратегії розвитку, виробництво, експорт.

Постановка проблеми. Харчова промисловість і перероблення сільськогосподарських продуктів фактично виступають системоутворюючою сферою, що формує агропродовольчий ринок країни, продовольчу й економічну безпеку. За останні роки було здійснено ряд важливих заходів щодо розвитку

сировинної бази промисловості. Пріоритетними програмними документами у сфері розвитку плодоовочевого аграрного сектору економіки стали Закон України «Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року» [1], «Стратегія розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року», схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2013 року № 806-р. [2], в яких визначено, що аграрний сектор і харчова промисловість у цілому формують засади збереження суверенності держави — продовольчу та, у визначених межах, економічну, екологічну й енергетичну безпеку, забезпечує розвиток технологічно пов'язаних галузей, визначає соціально-економічні основи розвитку сільських територій, а також забезпечує населення якісною, безпечною, доступною вітчизняною сільськогосподарською продукцією, а промисловість — сільськогосподарською сировиною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми удосконалення взаємовідносин підприємств галузей харчової промисловості та сільського господарства для забезпечення комплексної переробки сільськогосподарської сировини й отримання продуктів харчування з більш високим ступенем доданої вартості висвітлювалися в наукових працях В.Г. Андрійчука, Л.В. Дейнеко, Д.Ф. Крисанова, Ю.О. Лупенка, Т.Л. Мостенської, В.М. Нелепи, П.Т. Саблука та інших вітчизняних вчених.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Водночас недостатньо вивченими залишаються питання організації виробництва конкурентоспроможної продукції з високим ступенем переробки із застосуванням біотехнологічних процесів, комплексної переробки сільськогосподарської сировини.

Метою статті є аналіз сучасного стану переробки різноманітної сільськогосподарської сировини для харчової промисловості (кукурудзи, картоплі та плодоовочевої сировини) та розробка пропозицій щодо виробництва більш широкого спектра продукції харчової промисловості із застосуванням біотехнологічних процесів, переорієнтування виробників із реалізації сільськогосподарської сировини на виробництво продуктів харчування з більшою доданою вартістю для заміни на внутрішньому ринку імпортованих товарів.

Виклад основних результатів дослідження. Світове виробництво кукурудзи складає 815 850 млн т зерна на рік. Лідерами виробництва можна вважати такі країни, як США, Китай і Бразилія. Україна впевнено займає 9—10 місце серед країн-виробників, збільшивши посівні площі в 2014 р. в 3,8 раза порівняно з 1990 р., підвищивши урожайність за цей період в 1,6 раза та збираючи за останні роки до 30 млн т кукурудзи щорічно. Проте для продовольчих потреб з усього об'єму використовується лише близько 20 % зерна.

В останні роки Україна нарощує виробництво і експорт зернових культур, в т.ч. кукурудзи. За даними Міністерства аграрної політики [6], фактичні обсяги експорту зернових в 2014/2015 маркетинговому році (станом на липень 2015 р.) становили 34805 тис. т, в тому числі пшениці — 11234 тис. т; кукурудзи — 18837 тис. т; ячменю — 4455 тис. т; інших зернових — 279 тис. т. Тобто експорт кукурудзи становив 54 % експорту всіх зернових.

Для підтримки виробництва імпортозамінної продукції, подальшого розвитку інноваційних, високотехнологічних, інвестиційно-привабливих напрямків виробництва, стимулювання розвитку сільськогосподарських підприємств розглянуто

можливість впровадження глибинної переробки зернової сировини на існуючих підприємствах агропромислового комплексу.

Проблема збільшення рентабельності виробництва біоетанолу досить відома, а шляхи її реалізації пройшли апробацію та реалізовані на практиці в багатьох країнах. Найбільш очевидний шлях — диверсифікація біоетанольного виробництва на основі комплексних безвідходних технологій, передусім шляхом переробки кукурудзи з виділенням зародка, кукурудзяної крупи та біоетанолу, переробки післяспиртової барди в концентровані або сухі кормопродукти, в біогаз тощо. При створенні комплексних технологій біоетанол стає однією складовою продуктового ряду. Товарна кукурудза містить 86 % сухої речовини і 14 % вологи. Суха речовина складається з 60 % крохмалю і 26 % некрохмальних речовин, в тому числі 10 % зародка, 10—14 % білка, жиру, 3,5—7,0 % клітковини.

За умови глибинної переробки 1 тонни кукурудзи на вітчизняних підприємствах з виробництвом відповідно до норм виходу крупи, борошна, олії, шроту, зародка, комбікорму, крохмалю, глюкозної патоки, біоетанолу, біогазу та їх реалізації можна отримати орієнтовний дохід до 9 тис. грн.

За умови реалізації 1 тонни кукурудзи, що експортується за ціною 3800 грн, підприємства одержать орієнтовно 70 млрд грн. У разі реалізації схеми комплексної переробки залежно від співвідношення виробленої продукції українські виробники можуть одержати орієнтовно 150 млрд грн доходу, тобто більше, ніж у два рази порівняно з поточним періодом. Орієнтовні потреби в інвестиціях для будівництва додаткових ділянок виробництва можуть складати орієнтовно 150—200 млн євро.

Особливої уваги в процесі дослідження заслуговує картопля як основна овочева культура у споживчому кошику громадян України. В ній міститься велика кількість крохмалю 8,0—29,4 % (залежно від сорту), білків до 2,5 %, клітковини до 1,5 %, вітамінів С, Р, групи В, К тощо. Завдяки великому вмісту крохмалю картопля використовується не тільки безпосередньо для харчування і для переробки на сухе картопляне пюре, чіпси тощо, а й для виготовлення крохмалю. Картопля є сировиною для виготовлення спирту.

В Україні, без урахування АР Крим, у 2014 р. картопля була зібрана з 1343 тис. га. [3]. Сільськогосподарські підприємства України збільшили виробництво картоплі з 16,7 млн т у 1990 р. до 23,7 млн т у 2014 р. (без урахування АР Крим), підвищивши урожайність в 1,5 раза за цей період. У 2014 р. експорт картоплі свіжої або охолодженої становив 16,1 тис. т при імпорті в 21,8 тис. т, тобто маємо від'ємне сальдо у структурі зовнішньої торгівлі при ціні імпортової картоплі в 2,6 раза вищій від ціни вітчизняних виробників.

В Україні сформувалися три зони вирощування картоплі. До основної зони належать Волинська, Житомирська, Івано-Франківська, Київська, Львівська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька і Чернігівська області. У зоні Лісостепу висока концентрація вирощування картоплі характерна для Вінницької, Кіровоградської, Полтавської, Харківської, Закарпатської та Чернівецької областей. До південної зони картоплярства входять Луганська, Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Миколаївська, Одеська, Херсонська області,

Автономна Республіка Крим, що вирощують картоплю ранніх сортів на зрошувальних землях у спеціалізованих господарствах.

Картоплярство має забезпечувати потреби населення у продовольчій картоплі та сировиною картоплекрохмальні, спиртові, овочесушильні заводи, які в розміщенні тяжіють до сировинних зон. В Україні діяли 14 картоплекрохмальних заводів. Найбільші з них Ковельський (Волинська область), Кремнянський і Радомишльський (Житомирська область). Сьогодні працює лише один у Чернігівській області. Спирт із картоплі виробляли 27 підприємств. Найпотужніші з них — Чуднівський спиртовий комбінат, Липниківський і Коростишевський спиртозаводи (Житомирська область). Виробництво спирту з картоплі за останнє десятиріччя майже призупинилося у зв'язку з використанням інших видів сировини.

Невідкладним завданням картоплярства є поліпшення якості продукції та забезпечення потреб населення високоякісною продукцією цілий рік. Для цього необхідно удосконалювати тару, засоби зберігання продукції, технології переробки для максимального зменшення втрат.

Економічне значення переробки картоплі полягає в тому, що промисловість виробляє з неї напівфабрикати, готові сушені продукти, консервовані у вигляді перших і других страв та закусочних консервів.

Крохмаль виготовляють на заводах, які розміщені в картоплесіючих зонах. Вихід крохмалю з 1 га картоплі і кукурудзи приблизно однакові. Продуктивність заводів складає від 60 до 500 т переробки картоплі на добу при сезонному (4—5 місяців) виробництві.

Позитивні тенденції розвитку спостерігаються також у виробництві фруктів та ягід. Сільськогосподарськими підприємствами України у 2013 р. було вирощено 2295 тис. т фруктів та ягід, що в 1,6 раза більше порівняно з 2000 р., частина яких була направлена на 184 переробних підприємства, 725 кооперативів з їх переробки та реалізована на 355 ринках збуту для населення України. Внутрішнє споживання орієнтовно складає 1100 тис. т, експорт — 260—300 тис. т продукції. За даними Інституту садівництва та виноградарства НААН України загальна площа садів в Україні становить приблизно 254,9 тис. га, з них 164,6 тис. га — господарства населення (що складає 65 % від загальної площі). Максимальні площі зерняткових знаходяться у Вінницькій (21,3 тис. га), Хмельницькій (11,2 тис. га) і Чернівецькій (12,2 тис. га) областях; кісточкових — в Дніпропетровській області (7 тис. га) і АР Крим (6,3 тис. га), у Запорізькій області (5,7 тис. га). В цілому всі 25 областей України займаються садівництвом. У деякі роки обсяг промислової переробки плодів і ягід може досягати 30—40 % від валового збору, а в окремих областях і до 50—70 %, (наприклад, Волинська, Чернігівська, Сумська області та інші).

Основними напрямками переробки овочів і продукції садівництва можна вважати:

- відновлення виробництва традиційної для України продукції;
- виробництво високоякісних конкурентоспроможних продуктів дитячого харчування з підвищеною поживною цінністю;
- впровадження у виробництво функціональних харчових продуктів лікувально-профілактичного напрямку на основі екологічно чистої плодоягідної продукції [4].

Для забезпечення потреби населення в продукції переробки овочів і продукції садівництва потрібно інвестувати в галузь орієнтовно 3500,0 млн грн (за даними Державного комітету статистики, у 2013 р. в галузь було спрямовано 250,0 млн грн вітчизняних інвестицій та 135 млн дол. США — зарубіжних). Обсяг державних інвестицій визначається на підставі інвестиційних програм і проектів, що пройшли конкурсний відбір у регіональних управліннях обласних державних адміністрацій. Конкурсні відбори на 2015 р. відбулися в обласних державних адміністраціях навесні поточного року. Наприклад, у Черкаській області інвестиції в будівництво заводу з переробки яблук потужністю 300—400 т та виробництвом 200 т соку в рік за даними компанії «Маїс» мають скласти орієнтовно 1,5 млн євро, будівництво заводу з переробки сирової картоплі потужністю 10—15 тис. т переробки картоплі в рік оцінюється групою компаній «Надія» в 15—20 млн євро. Переорієнтація експорту сировини на експорт продукції з високою доданою вартістю з подальшим запровадженням більш глибокої та комплексної переробки, консервування, заморожування, а також сушіння дасть змогу посилити експортні позиції галузі й отримати додатковий корисний ефект у вигляді додаткових обсягів (15—20 %) експортної якісної плодоовочевої продукції з високою доданою вартістю. Товарно-вартісна структура зовнішньої торгівлі продуктами переробки овочів і плодів показує наявність можливого корисного ефекту саме від цього додаткового експортного потенціалу продукції з високою доданою вартістю, що оцінюється щонайменше в межах 65 млн дол. США.

Висновки

Дослідження показують, що за умови переорієнтації виробників сільськогосподарської продукції з експорту сировини на глибинну переробку на підприємствах галузей харчової промисловості із застосування досягнень біотехнології, сушки, заморожування, інших сучасних технологічних процесів можна досягти більш вагомих економічних результатів і забезпечити населення України конкурентоспроможною, екологічною, безпечною харчовою продукцією вітчизняних товаровиробників, зменшивши імпорتنу складову у споживчому кошику пересічного українця. Державне регулювання, капітальні інвестиції у модернізацію підприємств галузей харчової та переробної промисловості дозволять відродити підприємства, що знаходяться у стані ліквідації або банкрутства, збільшити кількість робочих місць у сільській місцевості та наповнювати бюджет власної країни відповідно до затверджених державних законодавчих актів.

Література

1. Андрійчук В.Г. Економіка підприємств агропродовольчого комплексу [Текст]: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисципліни / В.Г. Андрійчук; ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана». — К.: КНЕУ, 2010. — 414 с.
2. Про схвалення Стратегії розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2013 р. № 806-р [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/806-2013-%D1%80>.
3. Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року: Закон України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/29-82-15>.

4. Крисанов Д.Ф. Глобалізація і трансформації в переробній сфері АПК України / Д.Ф. Крисанов, Л.О. Удова, О.М. Варченко, А.С. Даниленко // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 3. — С. 6—12.

5. Нелеп В.М. Планування в агропромислових формуваннях [Текст]: навч.-метод. посібник для самост. вивчення дисципліни / В.М. Нелеп; Державний вищий навчальний заклад «Київський національний економічний ун-т ім. Вадима Гетьмана». — К.: КНЕУ, 2008. — 296 с.

6. Промислова політика посткризової економіки: кол. монографія / [Дейнеко Л.В., Якубовський М.М., Шелудько Е.І. та ін.]; за ред. д-ра екон. наук, проф. Л.В. Дейнеко; за ред. д-ра екон. наук, проф. М.М. Якубовського; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогноз. НАН України». — К., 2014. — 316 с.

7. Мостенська Т.Л. Системне забезпечення конкурентоспроможності підприємств м'ясної і молочної промисловості України [Текст]: монографія / Мостенська Тетяна Леонідівна, Драган Олена Іванівна, Суха Ірина Василівна; Нац. ун-т харч. технологій. — К.: [б. в.], 2010. — 267 с.

8. Саблук П.Т. Агропромисловий комплекс в системі зовнішньоекономічної діяльності України / П.Т. Саблук, А.А. Фесина, В.І. Власов, М.С. Вітков, Р.П. Саблук; Нац. наук. центр «Ін-т аграр. економіки», УААН. — К.: ННЦ «ІАЕ», 2005. — 242 с.

9. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року [Текст] / [за ред. Ю.О. Лупенка, В.Я. Месель-Веселяка]; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр «Ін-т аграр. економіки». — К.: ННЦ «ІАЕ», 2012. — 179 с.

АСПЕКТЫ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г.А. Михайленко

Институт продовольственных ресурсов НААН Украины

Современные реалии экономических взаимоотношений производителей сельскохозяйственной продукции с предприятиями пищевой промышленности требуют поиска более экономически привлекательных направлений использования сырьевых ресурсов при переориентации их экспорта на глубокую переработку на основе современных технологических процессов. На основании анализа современного состояния отдельных отраслей пищевой промышленности Украины разработаны стратегические предложения относительно развития при внедрении комплексной переработки сельскохозяйственной продукции для получения конкурентоспособных и качественных продуктов питания, которые заменят продукцию зарубежных производителей.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, пищевая промышленность, стратегии развития, производство, экспорт.

FEATURES OF DEVELOPMENT OF MEAT CATTLE BREEDING IN UKRAINE

O. Kutas

National University of Food Technologies

Key words:

*Meat cattle breeding
Cattle
Population of cattle
Specialized meat cattle
breeding
Beef production*

Article history:

Received 02.11.2015
Received in revised form
29.11.2015
Accepted 18.12.2015

Corresponding author:

O. Kutas
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The analysis of the state, features, problems and directions of intensification of development of the meat cattle breeding in Ukraine on the modern stage is conducted; its advantages are outlined compared to other agricultural industries. As the cattle breeding of milk and meat direction prevails in Ukraine, the considerable reduction of the quantity of dairy cattle in Ukraine resulted in the deficit of beef. At the same time, correctly using such population, it is possible to produce up to 47 % of the required quantity of beef. Its shortage should be liquidated by means of speed-up development of the specialized meat cattle breeding, which is a considerable reserve for increasing the production of high-quality beef.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ М'ЯСНОГО СКОТАРСТВА УКРАЇНИ

О.О. Кутас

Національний університет харчових технологій

У статті проведено аналіз стану, особливостей, проблем і напрямів інтенсифікації розвитку м'ясного скотарства України на сучасному етапі, визначено його переваги порівняно з іншими сільськогосподарськими галузями. Оскільки загалом в Україні переважає скотарство молочно-м'ясного напрямку, то значне зменшення чисельності молочної худоби призвело до дефіциту яловичини. Разом з тим, правильно використовуючи таке поголів'я, можна виробляти до 47 % від потреби у цьому виді м'яса. Нестачу ж потрібно ліквідувати за допомогою прискореного розвитку спеціалізованого м'ясного скотарства — значного резерву збільшення виробництва високоякісної яловичини.

Ключові слова: м'ясне скотарство, велика рогата худоба, поголів'я худоби, спеціалізоване м'ясне скотарство, виробництво яловичини.

Постановка проблеми. Продовольча проблема належить до найгостріших не лише в Україні, а й у світі. Аналіз динаміки поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ), виробництва молока та яловичини в Україні показує, що

проблема виробництва м'яса протягом тривалого часу є однією з найважливіших в аграрному секторі країни.

Виробництво продукції тваринництва в цілому і м'яса зокрема — один з провідних напрямів у вирішенні продовольчої безпеки та забезпеченні населення країни повноцінним харчовим білком. Сьогодні ж рівень виробництва цього цінного продукту не відповідає науково обґрунтованим нормам харчування. Якщо у 1980 р. м'яса виробляли близько 85,2 кг на особу (в тому числі майже 39,6 кг яловичини), то в 2007 р. (коли за даними ФАО Україна посідала 85 місце в світі за показником споживання м'яса в розрахунку на одну особу) — лише 45 кг [4], у 2011 р. — 46,9 кг, у 2012 р. — 48,5 кг, у 2014 р. — 54,9 кг. Як бачимо, є тенденція до покращення ситуації, але для задоволення потреб населення у м'ясі та м'ясопродуктах споживання його на душу населення треба довести до 85 кг, зокрема високоякісної телятини та яловичини — до 40 кг. Для прикладу, середньостатистичний поляк споживає 51,2 кг свинини, німець — 55,6 кг, мешканець Сербії — 64,8 кг, мешканець Австрії — 66 кг. У загальному рейтингу споживання м'яса Україна поступається Білорусі, Російській Федерації та навіть Габону й Екватору [4].

Огляд останніх досліджень і публікацій. Різні аспекти формування та розвитку м'ясного скотарства України, проблеми стану та підвищення ефективності виробництва продукції м'ясного скотарства досліджували такі вчені, як О.В. Мазуренко, М.В. Місюк, В.Я. Месель-Веселяк, П.Т. Саблук, В.Г. Андрійчук, В.Я. Месель-Веселяк, В.В. Зіновчук, І.І. Лукінов, М.П. Денисенко та інші. У дослідженнях П.В. Щепієнка, М.А. Мартинюка, В.І. Бойка, О.П. Комарніцької, Ю.Я. Гапусенка, П.І. Шарана, М.А. Мартинюка, Н.В. Сеперович та інших вчених проаналізовано проблеми, що склалася в скотарстві, та намічено шляхи виведення його з кризи.

Метою статті є висвітлення стану, особливостей, проблем і перспектив розвитку м'ясного скотарства України на сучасному етапі, його переваг порівняно з іншими сільськогосподарськими галузями.

Виклад основного матеріалу. М'ясо великої рогатої худоби має значний попит як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку та посідає особливе місце в структурі м'ясних ресурсів.

Скотарство — одна з найважливіших галузей тваринництва України. Найбільше ВРХ в розрахунку на 100 га сільськогосподарських угідь припадає у Карпатах, лісостепу та на Поліссі, найменше — у степу [3].

Молочне та м'ясне скотарство серед галузей тваринництва України посідає провідне місце, що зумовлено не лише кількістю худоби в господарствах, а й високою питомою вагою молока та яловичини у структурі продукції тваринництва. Велика рогата худоба характеризується різнобічною продуктивністю. Після її забою одержують цінну шкірну сировину, використовують кров, ендокринні залози, з яких виготовляють лікарські препарати, шлунково-кишковий тракт, жирові відкладення на внутрішніх органах [1].

За виробленою продукцією розрізняють кілька напрямів скотарства [6]:

- молочне скотарство розвивається переважно там, де є пасовища із соковитими травами, а також навколо великих міст, де існує достатня кількість споживачів свіжого молока;

- м'ясне скотарство розвивається лише у спеціалізованих на вирощуванні молодняка господарствах, які часто виникають при цукрових, крохмалепатокових і спиртових заводах, відходи яких є висококалорійними кормами;

- м'ясо-молочне скотарство поширене у тих районах, де в кормовій базі переважають висококалорійні корми (стєпова, посушлива зона, де трави влітку висихають);

- молочно-м'ясне скотарство характерне для районів інтенсивного землеробства з високою часткою посівних площ кормових культур, а також сіножатей і пасовищ.

Порівнюючи розвиток скотарства в Україні з іншими державами, слід зазначити, що чисельність ВРХ та інших свійських тварин зростає у світі щорічно на 2 %. За умов інтенсивної технології використовується 300 порід ВРХ, 121 — зебу і 30 — гібридного походження. Найбільшим виробником яловичини є США, молока — США, Франція, Німеччина [2].

Частка США складає 13,5 % світового виробництва молока, Франції — 7,7 %, Німеччини — 5,7 %. Найвищі надої молока — в Ізраїлі, США, Нідерландах (понад 6—8 тис. кг). В Україні на 100 молочних корів припадає 1,6 м'ясної, тоді як у США, Канаді, Франції — 200—300. Якщо у світі частка яловичини, одержаної від м'ясної худоби, становить 54 %, то в Україні — близько 1,7 % [7].

На сьогодні в Україні внаслідок тривалої фінансово-економічної кризи м'ясне скотарство знаходиться у досить критичному стані. Через ряд об'єктивних і суб'єктивних причин (недостатня забезпеченість кормами, низькі закупівельні ціни на м'ясо яловичини без врахування його якості, відсутність фахівців тощо) широкого розвитку ця галузь не одержала. Зменшення поголів'я великої рогатої худоби призвело до того, що виробництво яловичини до 2013 р. скорочувалося з кожним роком [8].

Запровадження державної підтримки на утримання молодняку великої рогатої худоби вперше за роки незалежності зумовило зростання поголів'я великої рогатої худоби. На 1 січня 2013 р. в Україні налічувалося 4645,9 тис. голів великої рогатої худоби, що на 5,0 % більше, ніж на початок 2012 р., у тому числі у господарствах населення — 3139,4 тис. голів (на 7,7 % більше). На сільськогосподарських підприємствах поголів'я великої рогатої худоби скоротилося на 4,1 тис. голів (на 0,3 %). Але вже до початку 2014 р. поголів'я ВРХ у всіх категоріях господарств скоротилося до 4534,0 тис. голів [8].

У господарствах населення зосереджено значну частину поголів'я худоби: на початок 2013 р. вони утримували 67,6 %, на початок 2014 р. — 68,3 % поголів'я ВРХ. Середньодобовий приріст великої рогатої худоби на вирощуванні, відгодівлі та нагулі на сільгосппідприємствах зріс у 2013 р. на 0,79 % і склав 508 грамів [8].

Реалізовувалося ВРХ у живій масі значно більше, ніж вирощувалося, що вказує на зниження потенціалу скотарства та зростання імпортного тиску на внутрішній ринок цієї продукції.

Загальне виробництво м'яса (у забійній вазі) у 2013 р. становило 2,39 млн т, що на 8,1 % більше, ніж у 2012 році. Зростання виробництва м'яса спостерігалось як на сільгосппідприємствах, так і в господарствах населення. У структурі виробництва м'яса яловичина і телятина займала 17,58 % у 2012 р. та 17,9 % — у 2013 р. [8].

Як уже зазначалося, існує два джерела збільшення виробництва яловичини — молочне та відносно нове для нашої країни спеціалізоване м'ясне скотарство. Загалом в Україні переважає скотарство молочно-м'ясного напрямку. М'ясо яловичини переважно одержують за рахунок використання на забій поголів'я надремонтного молодняку та вибракуваного поголів'я дорослої худоби молочних і молочно-м'ясних порід. Невелика частина яловичини, яку отримують від м'ясної худоби, у загальному виробництві м'яса істотно не впливає на підвищення рівня його споживання. Для доведення споживання яловичини на душу населення у найближчі роки до 30—35 кг необхідно широко розвивати галузь інтенсивного м'ясного скотарства.

Розвиток м'ясного скотарства в Україні дасть змогу використати не залучені до сільськогосподарського виробництва території (передгірні, гірські місцевості, переліски, яри) та землі, забруднені радіонуклідами після аварії на ЧАЕС.

Значне зменшення чисельності молочної худоби в Україні (з 8,5 млн корів у 1990 р. до 2,5 млн — у 2014 р.) призвело до дефіциту цього виду м'яса. Сьогодні для забезпечення молоком населення країни достатньо 3,4 млн корів з річним надоєм на рівні 5,7 тис. кг на одну голову. Правильно використовуючи таке поголів'я, можна виробляти до 800 тис. т яловичини, тобто 47 % від потреби [10]. Нестачу потрібно ліквідувати за допомогою розвитку спеціалізованого м'ясного скотарства. Для отримання потрібної кількості яловичини його слід довести до 9 млн голів.

Отже, на початковому етапі збільшити виробництво яловичини можна шляхом поліпшення використання наявного в господарствах поголів'я молочної худоби. У молочному скотарстві країни останніми роками порушено структуру стад. Замість оптимальної частки корів у 35—38 % у них за даними 2014 р. було в наявності 55,3 %, в т.ч. у сільськогосподарських підприємствах — 39,3 %, у господарствах населення — 62,8 % корів [8].

Така ситуація призводить до невисокої частки основного джерела м'яса — телят і молодняку, які залишаються на вирощування чи відгодівлю. Від значної частини телят селяни позбавляються майже відразу після їх народження через бажання заощадити молоко для реалізації та зменшити витрати на вирощування телят.

Проблему виробництва яловичини шляхом скорочення поголів'я молочних і збільшення м'ясних корів успішно вирішують у багатьох країнах світу. М'ясну худобу розводять переважно в країнах з великою кількістю пасовищ, помірним кліматом і негусто заселеною місцевістю.

Отже, нормалізація структури молочного стада збільшить загальне поголів'я ВРХ та обсяги виробництва яловичини. Це найбільш дешевий, доступний і швидкий шлях збільшення виробництва м'яса від наявного в господарствах України молочного поголів'я. Решту яловичини необхідно отримувати шляхом розвитку спеціалізованого м'ясного скотарства, яке на основі використання особливих порід і технологій виробляє лише один вид товарної продукції — телят.

Збільшення виробництва і поліпшення якості яловичини неможливе без розвитку спеціалізованого м'ясного скотарства. Досвід багатьох країн (зокрема США, Канади, Італії, Франції, Аргентини) показує, що прискорений

розвиток спеціалізованого м'ясного скотарства є значним резервом збільшення виробництва високоякісної яловичини.

М'ясна худоба, порівняно з молочною, має низку переваг: потребує значно менших витрат на будівництво приміщень і засоби механізації виробничих процесів; менш витратна щодо концентрованих кормів, енергетичних і трудових ресурсів; добре використовує пасовища, відходи рільництва (солому, полу) і переробної промисловості (м'ясу, брагу); забезпечує високоякісною сировиною шкіряну, легку і фармацевтичну промисловість.

Спеціалізованому м'ясному скотарству притаманна своя специфіка селекції, технології годівлі й утримання тварин різних статевих і вікових груп.

Перші кроки становлення галузі м'ясного скотарства в Україні припадають на середину 1950-х років. Зарубіжний досвід з формування галузі м'ясного скотарства на той час показав, що найбільш ефективним шляхом створення нових м'ясних порід є промислове і поглинальне схрещування спеціалізованих м'ясних порід з поголів'ям місцевої худоби молочного і комбінованого напрямку продуктивності.

Розвиток м'ясного скотарства на українських теренах розпочався із закупівлі по імпорті генетичного матеріалу бугаїв і м'ясного поголів'я іноземної селекції. Переважно це були тварини абердин-ангуської, шаролецької, лімузинської, герефордської, санта-гертруда, шортгорнської та кіанської порід [5]. Брак в Україні спеціалізованої м'ясної худоби, низька ефективність і дорожнеча імпорту зумовили необхідність виведення м'ясних порід худоби з урахуванням умов ґрунтово-кліматичних зон.

У результаті проведеної роботи було виведено українську (1993 р.), волинську (1994 р.) та поліську (1999 р.) м'ясні породи худоби [9]. Для різних природно-кліматичних умов України створені зональні типи м'ясної худоби: знам'янський, поліський, південний. Ведеться робота зі створення асканійської м'ясної породи, що матиме три внутрішньопородних типи: таврійський, причорноморський, кримський.

Сьогодні м'ясне скотарство України представлене чистопородною худобою 12 порід переважно української селекції (українською м'ясною, волинською, поліською породами та знам'янським типом), більшу половину якої утримують у племінних господарствах. Широко розповсюджені також абердин-ангуська порода, лімузин, шароле та герефорд. Швидкими темпами організовується товарне м'ясне скотарство на Поліссі, що зумовлюється природно-економічними, соціальними й екологічними чинниками.

Створення галузі спеціалізованого м'ясного скотарства дає змогу не лише збільшити виробництво яловичини, а й забезпечити її безперебійне постачання населенню протягом року. Проте в господарствах України частка тварин спеціалізованих м'ясних порід і типів становить близько 0,2 % від загальної кількості ВРХ.

В організації і веденні цієї галузі беруть участь близько 200 господарств. Зокрема, до племзаводів української м'ясної породи належать «Росія», «Дружби народів» в АР Крим, «Еліта» у Київській, «Чиста криниця» у Полтавській, «Світанок» у Рівненській, «Воля» у Черкаській, ім. Фрунзе, «Україна» і «Головеньківський» у Чернігівській області [11].

Зниження ролі факторів екстенсивного розвитку галузі м'ясного скотарства обумовлює посилення пошуків нових факторів розвитку галузі.

Визначальними факторами розвитку галузі спеціалізованого м'ясного скотарства у перспективі є:

1) продовольчі фактори: значний дефіцит виробництва м'яса і його споживання, особливо яловичини; населення недостатньо забезпечується цим важливим білковим продуктом харчування; необхідність підвищення якісних показників яловичини від тварин молочних і комбінованих порід;

2) соціальні фактори: у сільській місцевості багатьох областей України більше третини населення — пенсійного віку, тому в господарствах з розведення молочної худоби важко вирішуються кадрові проблеми і найближчим часом вони залишаться; при постійному зменшенні чисельності працездатного сільського населення м'ясне скотарство потребує у 8—10 разів менше трудових ресурсів, що пояснюється використанням маловитратної технології утримання м'ясної худоби;

3) енергетичні фактори: при існуючому дефіциті енергоносіїв дана галузь вимагає мінімальних витрат електроенергії, механізмів і машин; енергоємність м'ясного скотарства на 60—80 % менша порівняно з молочним скотарством;

4) екологічні фактори: особливої уваги заслуговує розвиток м'ясного скотарства в регіонах, забруднених радіонуклідами в результаті аварії на ЧАЕС, де дуже гостро стоїть проблема з трудовими ресурсами й одержанням екологічно чистої продукції; ця галузь допомагає вирішити проблему зайнятості населення, до того ж з м'ясом в організм людини потрапляє менше радіонуклідів, особливо стронцію, ніж з молоком;

5) ресурсні фактори: м'ясна худоба вимагає значно менших витрат концентрованих кормів, більш ефективно використовує пасовища; існує необхідність у створенні високопродуктивних культурних пасовищ і луків, з яких корми є значно дешевшими, а також і в раціональному використанні наявних кормових ресурсів та рентабельному веденні галузі;

6) економічні фактори: у раціонах харчування м'ясної худоби застосовують більш дешеві грубі та зелені корми, відходи харчової промисловості; від неї одержують високоякісне м'ясо, шкіру, цінну сировину для фармацевтичної промисловості при енерго- та ресурсозберегаючій технології утримання худоби [5].

Знання недоліків м'ясного скотарства надає можливість нейтралізувати їх негативні наслідки та перетворити виробництво яловичини, отриманої від м'ясної худоби, у прибутковий бізнес. Головним недоліком м'ясної худоби є обмежена продуктивність корови — одне теля на рік. Від молочної корови, крім теляти, щодня отримують ще й молоко.

При невмілому господарюванні економічна ефективність і продуктивність м'ясного скотарства значно менша, ніж молочного. У м'ясному скотарстві, на відміну від молочного, використані на утримання худоби корми відносять на один продукт — приріст живої маси, тому на його отримання витрачають у 2—3 рази більше енергії кормів.

Цей недолік компенсують вмілим використанням пасовищ, де тварини отримують найбільш дешевий корм і витрати на утримання та відгодівлю

значно менші, ніж під час годівлі за стійлового або стійлово-пасовищного утримання. Потрібна кількість пасовищ на м'ясну корову залежить від прийнятої у господарстві технології, урожайності трав і стану пасовищ.

Існує низка перешкод, які стримують розвиток спеціалізованого м'ясного скотарства в Україні:

- низька платоспроможність переважної більшості населення;
- низькі закупівельні ціни на яловичину, отриману від м'ясної худоби, що не забезпечують беззбитковості виробництва і зменшують інвестиційну привабливість;
- відсутність інтеграції виробництва, перероблення та реалізації м'ясної продукції з урахуванням її якісних показників, що стає причиною занижених закупівельних цін на яловичину;
- нестача спеціалізованих підприємств з вирощування та інтенсивної відгодівлі молодняка великої рогатої з високим рівнем технологічного оснащення;
- брак знань з управління стадом м'ясної худоби;
- ведення м'ясного скотарства на інтенсивній основі із значними витратами коштів на капітальне будівництво та складне технологічне обладнання;
- використання на фермах з утримання маточного поголів'я та вирощування телят технологій і засобів виробництва, які не властиві для спеціалізованого м'ясного скотарства, що зумовлює високу енергоємність і собівартість виробництва;
- отримання більшості надремонтних теличок молочного і комбінованого напрямку продуктивності у господарствах населення, що ускладнює їх використання для створення товарних стад м'ясної худоби.

Унаслідок даних обставин величезний потенціал м'ясного скотарства не використовується, дуже низькою залишається якість продукції племзаводів і репродукторів.

У нашій країні прийнята така система ведення м'ясного скотарства, коли молодняк вирощують у тому ж господарстві, де його отримали, до реалізації на забій. При цьому спостерігаються досить низькі прирости живої маси, тому варто впроваджувати м'ясне скотарство. На одних фермах потрібно вирощувати телят на молоці корів до віку 6—8 міс. Потім надремонтних телиць і бичків варто продавати для наступного вирощування у господарства з відгодівлі. За цієї системи отримуються вищі середньодобові прирости живої маси.

У найближчому майбутньому за рахунок наявного в Україні поголів'я корів м'ясних порід неможливо буде отримати необхідну кількість м'ясної худоби. Промислове схрещування м'ясної і молочної худоби у господарствах широко не застосовується. Оскільки поголів'я молочних корів недостатнє для забезпечення потреб населення у молоці, то їх потрібно використовувати не для отримання помісних телят, а для відтворення молочного стада. У такому разі створювати стада худоби м'ясного напрямку можна, використовуючи телиць молочних і комбінованих порід, яких щороку майже відразу після народження забиває на м'ясо населення.

Для реалізації переваг м'ясної худоби на переробних підприємствах мають бути впроваджені безвідходні технології переробки туш і раціональний їх

поділ за сортами і категоріями. За рахунок роздільного використання туш м'ясної худоби можна буде повніше задовольнити попит на м'ясопродукти споживачів з різною купівельною спроможністю та встановити ціни на продукцію залежно від її якості.

Для інтенсивного розвитку м'ясного скотарства в Україні потрібно ретельно готувати кадри для даної галузі на базі провідних аграрних вузів країни, вивчати досвід зарубіжних країн з високим рівнем розвитку м'ясного скотарства щодо організації вирощування, переробки та вигідної реалізації продукції галузі, створювати та розвивати асоціації власників худоби м'ясного напрямку продуктивності, проводити рекламні та дегустаційні акції продукції м'ясного скотарства, організовувати виставки й аукціони племінної худоби.

Ряд проблем можна було б вирішити шляхом створення реальної державної програми розвитку галузі, що базувалася б на аналізі поточної ситуації та заохочувала бізнес інвестувати у вирощування великої рогатої худоби. До розроблення такої програми варто було б залучити експертів ЄС і створити її на основі чіткої програми економічної зацікавленості у вирощуванні худоби на м'ясо.

Висновки

Скотарство — одна з найважливіших галузей тваринництва України. Воно дає найбільший обсяг тваринницької продукції — молока та м'яса. М'ясо ВРХ займає особливе місце в структурі м'ясних ресурсів.

Виробництво продукції тваринництва, зокрема м'яса, є одним із головних питань у вирішенні проблеми продовольчої безпеки та забезпечення населення країни повноцінним харчовим білком. Показник споживання продукції тваринництва на душу населення є одним з основних, що характеризують добробут нації. Серед м'ясних продуктів, що споживаються людиною, яловичині належить одне з провідних місць. Аналіз динаміки поголів'я ВРХ і виробництва яловичини в Україні показує гостроту продовольчої проблеми.

М'ясне скотарство менш трудомістке порівняно з іншими сільськогосподарськими галузями, його технологія не потребує використання складних машин і обладнання. Важливою його перевагою є також невисока енергомісткість, тому у багатьох регіонах України, де є незатребувані земельні площі, при створенні культурних і поліпшенні природних угідь і пасовищ таку можливість можна направити на використання специфічних особливостей м'ясної худоби при її вирощуванні. Ця галузь тваринництва може стати перспективою не лише у забезпеченні високоякісним м'ясом і м'ясопродуктами за науково обґрунтованими нормами харчування, але й у поліпшенні життєвого рівня населення, створенні експортного потенціалу та стратегічних ресурсів України.

Розвиток спеціалізованого м'ясного скотарства сприятиме забезпеченню споживача яловичиною високої якості, ефективному використанню природних пасовищ і кормів низької якості (зокрема, залишків рослин після збирання врожаю), скороченню витрат на виробництво яловичини за рахунок зменшення їх за статтями, що пов'язані з виробництвом молока, підтриманню ґрунтів в екологічно сталому стані шляхом ротації посівів кормових культур.

Для збільшення кількості поголів'я м'ясної худоби, підвищення його продуктивності та виробництва якісної яловичини важливе значення має надання державою дотації на утримання кожної продуктивної м'ясної корови шляхом компенсації нормативних витрат на її вирощування. Це практикується у країнах з ринковою економікою.

Література

1. Бірта Г.О. Товарознавство м'яса: навчальний посібник для ВНЗ / Г.О. Бірта, Ю.Г. Бургу. — К.: Центр учбової літератури, 2011. — 164 с.
2. Велика рогата худоба [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Велика_рогата_худоба.
3. Гілецький Й.Р. Географія України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://geoknigi.com/book_view.php?id=416.
4. Дацко О.Б. Аналіз виробництва та споживання м'яса на одну особу в Україні // Науковий вісник НЛТУ України. — 2013. — Вип. 23.16. — С. 212—217.
5. Дзіцюк В.В. Сучасний стан і перспективи м'ясного скотарства в Україні [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agro.ua.net/animals/catalog/ag-1/a-3/info/aig-75/>.
6. Економічна географія України (лекції) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://studentam.net.ua/content/view/5887/132/>.
7. Логоша Р.В. М'ясне скотарство України: стан, тенденції та напрямки його інтенсифікації // Збірник наукових праць ВНАУ. — 2012. — Т. 2, № 1 (56). — С. 90—96.
8. Тваринництво України 2014: Статистичний збірник. — К.: Державний комітет статистики України, 2015. — Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.
9. Угнівенко А.М. Спеціалізоване м'ясне скотарство: Навчальне видання / А.М. Угнівенко, В.І. Костенко, Ю.І. Чернявський. — К.: Вища освіта, 2006. — 303 с.
10. Угнівенко А.М. Шляхи вирішення проблеми виробництва яловичини в Україні (стан питання) // Біоресурси і природокористування. — 2013. — Т. 5, випуск 5—6. — С. 76—84.
11. Характеристика скотарства України за породним складом [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/page/1032>.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МЯСНОГО СКОТОВОДСТВА УКРАИНЫ

Е.А. Кутас

Национальный университет пищевых технологий

В статье проведен анализ состояния, особенностей, проблем и направлений интенсификации развития мясного скотоводства Украины на современном этапе, определены его преимущества сравнительно с другими сельскохозяйственными отраслями. Поскольку в целом в Украине преобладает скотоводство молочно-мясного направления, то значительное уменьшение численности молочного скота в Украине привело к дефициту говядины. Вместе с тем, правильно используя такое поголовье, можно производить до 47 % от потребности в этом виде мяса. Недостаток же нужно ликвидировать с помощью ускоренного развития специализированного мясного скотоводства — значительного резерва увеличения производства высококачественной говядины.

Ключевые слова: мясное скотоводство, крупный рогатый скот, поголовье скота, специализированное мясное скотоводство, производство говядины.

УДК 330.341.1

INNOVATION ACTIVITY OF FOOD ENTERPRISES IN UKRAINE: TENDENCIES AND PRIORITIES

V. Strashynskyi

National Pedagogical Dragomanov University

Key words:

Innovation
Innovative enterprises
Food industry
Types of innovation
Innovation costs
Financing of innovation

Article history:

Received 24.11.2015
Received in revised form
05.12.2015
Accepted 18.12.2015

Corresponding author:

V. Strashynskyi
E-mail:
npnuff@ukr.net

ABSTRACT

The article describes the current state and trends of innovation activity of the food industry in Ukraine. Innovative enterprises that manufacture food products, beverages and tobacco products, directions and cost structure for innovation activity, the sales volumes of innovative products are analyzed. The types of introduced innovations and sources of funding were examined. Comparative analysis with innovative enterprises in the EU was conducted and practical recommendations for improving innovation activity of the food industry in Ukraine were provided.

ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ: ТЕНДЕНЦІЇ І ПРІОРИТЕТИ

В.І. Страшинський

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

У статті охарактеризовано сучасний стан і тенденції розвитку інноваційної діяльності підприємств харчової промисловості в Україні. Проаналізовано інноваційно-активні підприємства, що займаються виробництвом харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів, напрямки здійснених ними інновацій та структуру витрат на інноваційну діяльність, обсяги реалізованої інноваційної продукції. Розглянуто типи запроваджених інновацій і джерела їх фінансування. Проведено порівняльний аналіз з інноваційно активними підприємствами Європейського Союзу та надано практичні рекомендації щодо підвищення рівня інноваційної діяльності підприємств харчової промисловості України.

Ключові слова: *інновації, інноваційна діяльність підприємств, харчова промисловість, типи інновацій, витрати на інноваційну діяльність, фінансування інноваційної діяльності.*

Постановка проблеми. Протягом останніх років для України все більш очевидними є питання поглиблення євроінтеграційних і глобалізаційних процесів. З огляду на це наша країна повинна здійснювати відповідні заходи як на політичному, так і на економічному рівні. Приєднання України до європейської спільноти створює не лише нові можливості для вітчизняної економіки, але й проблеми, які мають бути враховані на державному рівні, оскільки потенційні загрози можуть завдати значних збитків як для окремих галузей, так і для економіки в цілому.

Однією з таких проблем може бути суттєва різниця у рівні розвитку промисловості європейських країн та України, а також їх інноваційної діяльності. Зважаючи також на рівень застарілості та зношення обладнання як в окремих галузях, так і в промисловості в цілому, а також нижчий технологічний і інформаційний розвиток, питання інтенсифікації інноваційної діяльності вимагають негайного вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання інноваційної діяльності підприємств досліджували такі вітчизняні науковці: О.І. Амоша, В.М. Геєць, Р.В. Грінченко, В.В. Дорофійенко, В.О. Зайцева, Г.Г. Півняк, В.П. Семиноженко, В.П. Соловійов, Л.І. Федулова, О.М. Шашенко, О.І. Яшкіна та інші. Серед зарубіжних науковців варто виокремити І.Т. Балабанова, П. Друкера, Ф. Портера, Б.Г. Салтикова, Б. Санто, Б. Твісса, Р.А. Фатхундінова.

Мета статті: Проаналізувати тенденції розвитку інноваційної діяльності підприємств харчової промисловості України та надати практичні рекомендації щодо стимулювання прискорення розвитку інновацій.

Виклад основного матеріалу. Сучасні підприємства харчової промисловості стикаються з певними труднощами своєчасної ідентифікації та реалізації потенційних інноваційних можливостей, централізації ресурсів, поточного управління операційним процесом і необґрунтованого вибору інноваційних напрямків. Також більшість фінансування здійснюється за рахунок власних засобів, в той час як використання кредитів і державне фінансування знаходяться на низькому рівні.

В Україні позитивною тенденцією є зростання кількості промислових підприємств, що займаються інноваційною діяльністю. Загалом їх частка з 2009 р. зросла з 12,8 % до 17,4 % у 2012 р., а за останні 2 роки зменшилась до 16,1 %, фактично відповідаючи рівню 2011 року. Темпи зростання кількості підприємств з виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів (що становили близько 23 % від усіх промислових підприємств, що займалися інноваційною діяльністю протягом досліджуваного періоду) були вищими, ніж у промисловості в цілому, і збільшились з 13,0 % у 2009 р. до 18,7 % у 2012 р., а за останні 2 роки мали тенденцію до зниження і в 2014 р. становили 16,8 % (рис. 1). Показовим є той факт, що в обох випадках за останні 6 років середній темп зростання кількості підприємств був від'ємним: 1,8 % у промисловості та 5,1 % у виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів. Це свідчить про те, що інноваційна діяльність є запорукою успішного функціонування підприємств і лише ті з них, які приділяють належну увагу інноваціям, залишаються на ринку.



Рис. 1. Частка інноваційно активних промислових і харчових підприємств, %, складено автором на основі [3]

Проте порівняно з розвиненими країнами вітчизняні показники досить незначні. Так, серед країн Європейського Союзу загалом у 2012 р. інновації впроваджували більше половини промислових підприємств (50,4 %). У виробництві харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів із 59 727 підприємств інноваціями займалися 46,1 %.

Кількість промислових підприємств, що займалися виробництвом харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів протягом досліджуваного періоду за напрямками впроваджених інновацій, показано в табл. 1.

Таблиця 1. Підприємства, що займалися виробництвом харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів, складено автором на основі [3]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Усього	2594	2457	2383	2243	2158	1990
У тому числі займалися інноваційною діяльністю	336	352	384	420	398	334
Придбання машин, обладнання і програмного забезпечення	191	204	245	235	231	203
Навчання і підготовка персоналу	53	43	63	71	79	81
Інші	42	42	47	37	31	19
Ринкове запровадження інновацій	22	21	30	25	23	16
Внутрішні НДР	15	16	19	17	17	15
Інші зовнішні знання	21	18	16	20	16	15
Зовнішні НДР	19	10	13	11	12	8

Як видно з табл. 1, загальна кількість підприємств харчової галузі за останні 6 років скоротилася на 23 %, з 2594 одиниць у 2009 р. до 1990 у 2014 році. При цьому кількість підприємств, що займалися інноваційною діяльністю, зросла із 336 одиниць у 2009 р. до 420 у 2012 р., а починаючи з 2013 р. зменшувалась досить швидкими темпами.

Варто також зазначити, що єдиним напрямком запроваджених інновацій, за яким кількість підприємств поступово зростала, починаючи з 2010 р., було навчання та підготовка персоналу. Тобто до підприємців приходить розуміння важливості постійного навчання персоналу й підвищення кваліфікації кадрів.

У структурі напрямків впроваджених інновацій протягом останніх 6 років значних зрушень не спостерігалось. Так, у 2014 р. більшість підприємств, що займаються виробництвом харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів, здійснювали інноваційну діяльність шляхом придбання машин, обладнання та програмного забезпечення (60,8 %). Це досить передбачувано, оскільки знос основних засобів на підприємствах даної галузі складає більше 50 %.

Наступним напрямком інноваційної діяльності є навчання персоналу, яке здійснювало майже кожне четверте підприємство. Третіми за частотою запровадження є ринкові інновації, якими у 2014 р. займались майже 5 % досліджуваних підприємств.

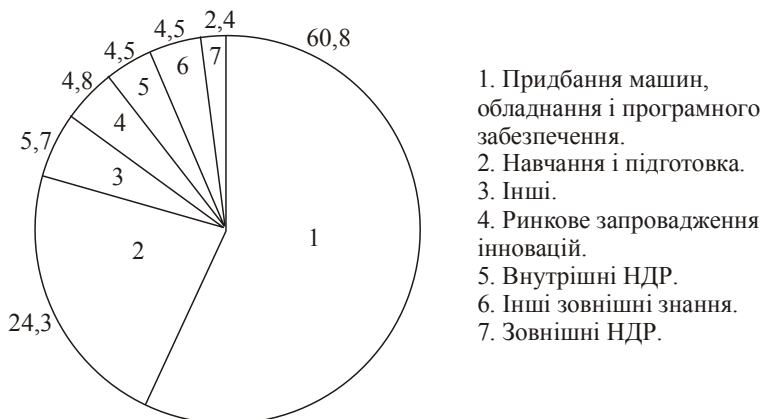


Рис. 2. Типи запроваджених інновацій, %, складено автором на основі [3]

Належне відображення проведені заходи знаходять у структурі витрат підприємств з виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів на інноваційну діяльність, які, починаючи з 2011 р., зростають досить швидкими темпами, незважаючи на те, що загальні витрати всіх промислових підприємств з 2012 р. зменшуються в середньому на 19 % щороку.

Структуру витрат підприємств з виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів на інноваційну діяльність за останні 6 років показано у табл. 2.

Таблиця 2. Структура витрат підприємств з виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів на інноваційну діяльність, складено автором на основі [3]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Всього	1014973	608852	933060	1566275	1700695	2173610
Придбання машин, обладнання і програмного забезпечення	888494	509116	784079	1235288	1498297	1872952
Інші	79365	76200	120242	302615	101641	138942
Внутрішні НДР	2423	3364	22991	22307	82438	157419
Зовнішні НДР	31833	4985	4110	4929	16244	3556
Інші зовнішні знання	12858	15188	1638	1137	2075	740

Більше 86 % витрат у 2014 р. припадало на придбання машин, обладнання та програмного забезпечення, що знову ж таки спричинено як значним ступенем зношення основних засобів, так і важливістю реалізації досягнень науково-технічного прогресу у виробництві. На внутрішні та зовнішні науково-дослідні роботи у 2014 р. припадало 7,4 % (7,2 % і 0,2 % відповідно), а також 6 % від загального обсягу витрат було здійснено на інші цілі.

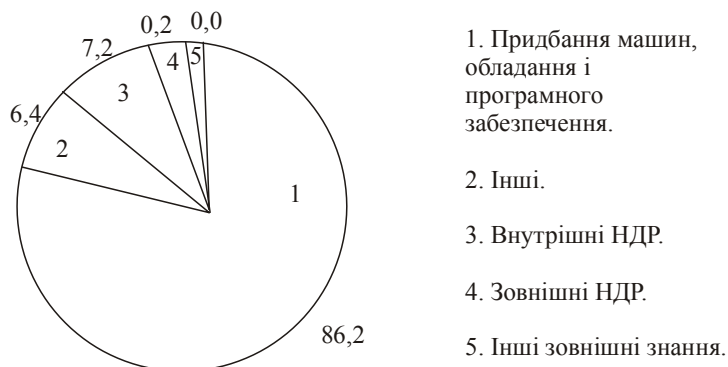


Рис. 3. Розподіл інноваційних витрат, %, складено автором на основі [3]

Структуру витрат підприємств з виробництва харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів на інноваційну діяльність у 2014 р. показано на рис. 3.

Розподіл загального обсягу фінансування вищевказаних витрат на інноваційну діяльність за джерелами надходжень у виробництво харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів у 2014 р. показано на рис. 4. Як видно з рис. 4, лєвова частка припадає саме на власні джерела — 81,4 %. І це довгострокова тенденція, оскільки протягом останніх 5 років частка власних коштів коливалась від 81 % до 94 %. Другим за вагою джерелом фінансування є кредити, на які у 2014 р. припадало 18,6 %. Кошти іноземних інвесторів, держбюджету та інші джерела фінансування разом становили менше 0,1 % у 2014 році.

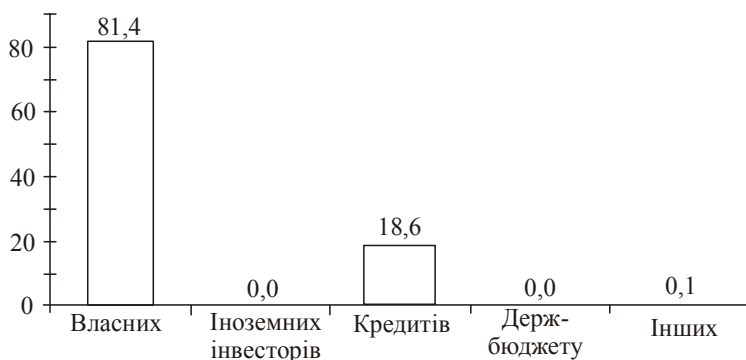


Рис. 4. Джерела фінансування інноваційної діяльності, %, складено автором на основі [3]

Типи запроваджених інновацій на підприємствах, що займаються виробництвом харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів протягом 2009—

2014 рр., представлені на рис. 5. За останні роки структура запроваджених інновацій істотних змін не зазнавала: протягом усього періоду домінуючим було впровадження інноваційних видів продукції (в середньому 52 % підприємств за останні 6 років). Варто зазначити, що продуктів, нових для ринку в середньому протягом 2009—2014 рр. було лише 15 %, інші ж були новими лише для підприємств. На другому місці були інноваційні процеси, якими займалися 43 % підприємств у 2014 році. З них 81 % займалися впровадженням нових або вдосконалених методів обробки або виробництва продукції. Впровадження маркетингових та організаційних інновацій було найменш популярним серед досліджуваних підприємств, ними займалися лише 16 % та 9 % відповідно.

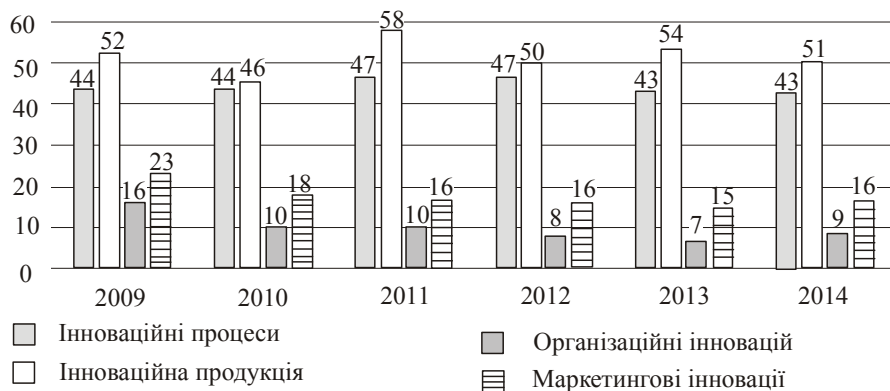


Рис. 5. Типи запроваджених інновацій в Україні протягом 2009—2014 рр., %, складено автором на основі [3]

Разюча відмінність знову ж таки спостерігається з показниками підприємств Європейського Союзу, що займаються виробництвом харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів. Так, у 2012 р. найбільше впроваджувались маркетингові інновації, якими займалися 64 % підприємств, в той час як іншими видами займалися 46—47 % промислових підприємств, що виробляють харчові продукти, напої й тютюнові вироби.

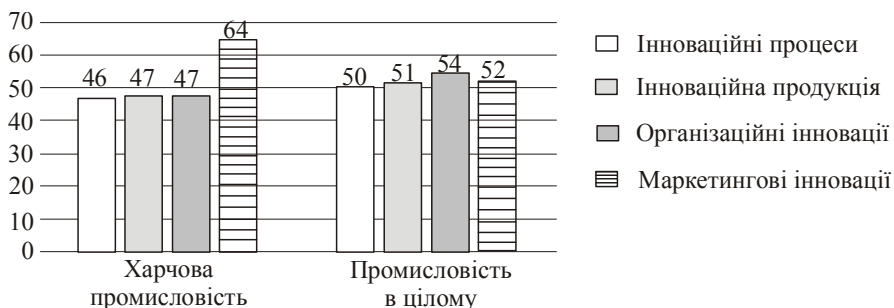


Рис. 6. Типи запроваджених інновацій підприємствами ЄС у 2012 р., %, складено автором на основі [8]

Це свідчить про значний рівень розвитку підприємств ЄС в організаційних, продуктових і процесних інноваціях, а ключову роль у завоюванні споживачів на європейському ринку відіграють саме маркетингові інновації, що також може бути зумовлено високим середнім рівнем якості продукції та розвитку організацій, а також купівельною спроможністю потенційних споживачів. Таким чином, визначальними конкурентними перевагами серед європейських підприємств є саме впровадження маркетингових інновацій, тобто способів привернути увагу покупця та завоювати його прихильність завдяки виваженим інноваційним маркетинговим рішенням.

При цьому по промисловості загалом у європейських підприємств відзначається менша відмінність між кількістю підприємств, що запроваджують різні види інновацій. Так, у 2012 р. промислові підприємства, що займалися інноваційною діяльністю, приблизно в рівній мірі займалися впровадженням різних типів інновацій, показники імплементації яких коливались від 50 до 54 %.

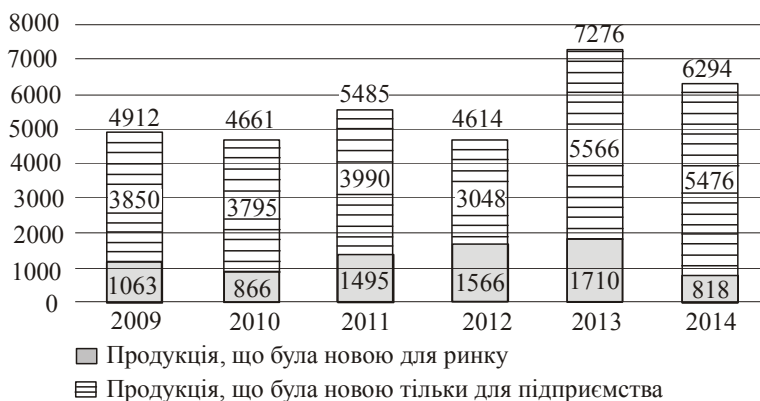


Рис. 7. Обсяг реалізованої харчової інноваційної продукції протягом 2009—2014 рр., млн грн, складено автором на основі [3]

На рис. 7 зображено обсяг реалізованої інноваційної продукції підприємств, що займалися виробництвом харчових продуктів, напоїв і тютюнових виробів протягом 2009—2014 роках. У середньому продукція, що була новою лише для підприємства, становить 77 %, причому за останні 2 роки її відносне значення збільшилося з 66,1 % до 87 %, а продукція, що була новою для ринку, становила в середньому 23 %, причому її значення у 2012 р. становило майже 34 %, а вже в 2014 р. — всього лише 13 %.

Як видно з рис. 7, хоча в 2014 р. й відбулось суттєве зменшення обсягу реалізованої продукції порівняно з попереднім роком на 14 %, проте це не змінює довгострокового тренду, оскільки в 2014 р. інноваційної продукції реалізовано більше, ніж у попередніх періодах (за винятком 2013 р.).

За результатами проведеного дослідження можна зробити висновок, що інноваційна діяльність підприємств харчової промисловості знаходиться на досить низькому рівні. Для того, щоб прискорити розвиток інновацій, стимулювати розробку і введення проектів, потрібне збільшення державного фінансування. Державна фінансова політика сприяння інноваційній діяльності має бути спрямована на:

- збільшення потенціалу державного фінансування інновацій;
- підтримання інноваційно-активних підприємств розширенням інвестицій;
- спонукання збільшення обсягів власних коштів підприємств, що витрачаються з метою активізації інноваційної діяльності;
- розширення обсягів кредитування інноваційних проектів.

Розвиток інновацій на теперішній час пов'язується з напрямками, які є пріоритетними, а саме: автоматизація, роботизація, кібернетизація, розвиток мікроелектроніки, розвиток біотехнологій, впровадження енергозберігаючих технологій. Усі вони спрямовані на зменшення витрат виробництва і збільшення доходу. Розвиток харчової промисловості як безпосередньо, так і опосередковано впливає на економічний розвиток держави в цілому, що відображається на зростанні ВВП, сплаті податків, забезпеченні робочих місць, а також в тому, що продукти харчування потрібні для забезпечення працездатності населення [5].

Висновки

Зважаючи на викладене вище, слід зазначити, що в Україні позитивною тенденцією є зростання кількості підприємств, які займаються інноваційною діяльністю, при зменшенні загальної кількості підприємств, що свідчить про доцільність та ефективність інновацій.

Найпоширенішим типом впроваджених інновацій було придбання машин, обладнання та програмного забезпечення, що, у свою чергу, відображається у структурі витрат на інноваційну діяльність, лівову частку яких становлять витрати на придбання машин, обладнання й програмного забезпечення.

Фінансування інноваційної діяльності як по промисловості загалом, так і по харчовій галузі зокрема здійснюється переважно за рахунок власних коштів. Найпопулярнішими видами інновацій залишаються продуктові та процесні, причому організаційні та маркетингові все ще знаходяться на низькому рівні.

Для інтенсифікації інноваційної діяльності на вітчизняних харчових підприємствах необхідно фокусуватись на пріоритетних напрямках розвитку галузі, а саме: автоматизації, впровадженні енергозберігаючих технологій і сучасних розробках у сфері мікроелектроніки та біотехнологій.

Література

1. Балабанов И.Т. Инновационный менеджмент. — М.: МГИУ, 2001. — 418 с.
2. Гребнев Е.Т. Управление нововведениями. — М.: Экономика, 1995. — 347 с.
3. Державна служба статистики України, [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
4. Каламан О.Б. Інноваційний розвиток підприємств харчової промисловості // Економіка харчової промисловості. — 2014. — № 1. — С. 87—90.
5. Круглова Н.Ю. Инновационный менеджмент: Учебное пособие. 2-е изд. доп. — М.: Издательство РДГУ, 2001. — 352 с.
6. Управление инвестициями, в 2-х т. / В.В. Шеремет, В.М. Павлюченко, В.Д. Шапиро и др. — Высшая школа, 1998. — 284 с.
7. Фатхундинов Р.А. Инновационный менеджмент. — СПб.: Питер, 2002. — 400 с.
8. The Global Competitiveness Report 2012-2013. — Access mode: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2012-13.pdf.

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ: ТЕНДЕНЦИИ И ПРИОРИТЕТЫ

В.И. Страшинский

Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова

В статье дана характеристика современному состоянию и тенденциям развития инновационной деятельности предприятий пищевой промышленности в Украине. Проанализированы инновационно активные предприятия, занимающиеся производством пищевых продуктов, напитков и табачных изделий, направления совершенных ими инноваций и структура затрат на инновационную деятельность, объемы реализованной инновационной продукции. Рассмотрены типы введенных ими инноваций и источники их финансирования. Проведен сравнительный анализ с инновационно активными предприятиями Европейского Союза и даны практические рекомендации по повышению уровня инновационной деятельности предприятий пищевой промышленности Украины.

Ключевые слова: *инновации, инновационная деятельность предприятий, пищевая промышленность, типы инноваций, затраты на инновационную деятельность, финансирование инновационной деятельности.*

PROVIDING FINANCIAL STABILITY OF ENTERPRISES OF ALCOHOL INDUSTRY BASED ON BUSINESS PLANNING

A. Yatsenko

East European University of Economics and Management

Key words:

*Financial stability
Business planning
Efficiency of the projects
Business project
Investment
Indicators*

Article history:

Received 14.11.2015
Received in revised form
29.11.2015
Accepted 23.12.2015

Corresponding author:

A. Yatsenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Theoretical approaches to ensure the financial stability of the industrial enterprises are analyzed. The suggestions on the formation of financial stability of enterprises based on business planning for three distilleries of Cherkasy region are made. It is proved that the most important part of a business plan is a financial plan. A detailed analysis of its components (income, plan, balance sheet and cash flow) is conducted. The calculation results of financial and economic performance of a business plan are presented in analytical tables. The forecasted performance of investment projects efficiency is presented. The additive criteria for distribution of investment by distilleries are designed. The priority funding of business plans is identified. The efficiency of business projects is stipulated on the basis of calculation of NPV (net present value), PI (the index of profitability), IRR (internal rate of return), and PP (payback period). The levels of production costs and the threshold prices for its realization are determined, under which these indicators of business projects will be effective and will ensure the financial stability of the alcohol companies under investigation.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ СПИРТОВИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ БІЗНЕС-ПЛАНУВАННЯ

О.В. Яценко

Східноєвропейський університет економіки і менеджменту

У статті досліджено теоретичні підходи до забезпечення фінансової стійкості промислових підприємств, розроблено пропозиції з формування фінансової стійкості підприємств на основі бізнес-планування для трьох спиртових заводів Черкаської області. Доведено, що найбільш важливим при складанні бізнес-плану є фінансовий план. Зроблено детальний аналіз його складових: звіту про прибутки, плану-балансу і звіту про рух грошових коштів. Результати розрахунків фінансово-економічних показників бізнес-плану оформлені в аналітичних таблицях. Наведено прогнозні показники ефективності інвестиційних проектів, розраховано адитивні критерії розподілу інвестицій по спиртових заводах, визначено пріоритетність фінансування бізнес-планів. Обґрунтовано ефективність бізнес-проектів на підставі розрахунків: NPV —

чистого дисконтованого доходу; PI — індексу прибутковості; IRR — внутрішньої норми рентабельності; PP — терміну окупності. Визначено рівні затрат на виробництво продукції й поріг ціни на її реалізацію, при яких зазначені показники бізнес-проектів будуть ефективними та дозволять забезпечити фінансову стійкість досліджуваних спиртових підприємств.

Ключові слова: фінансова стійкість, бізнес-планування, ефективність проектів, бізнес-проект, інвестиції, показники.

Актуальність проблеми. Динамічність сучасних умов господарювання і зростання залежить від зовнішніх чинників і змушує промислові підприємства приділяти увагу не тільки підвищенню ефективності використання виробничих, фінансових ресурсів, а й пошуку потенційних можливостей щодо їхнього нарощування, забезпечуючи при цьому фінансову стійкість суб'єкта господарювання.

Під фінансовою стійкістю розуміють здатність організації стабільно функціонувати, отримуючи при цьому достатній для відтворення та розвитку прибуток, в повному обсязі виконувати свої зобов'язання по платежах, забезпечення поряд з утриманням фінансової рівноваги досягнення поставлених цілей. Якщо підприємство фінансово стійке, то воно має переваги перед іншими підприємствами того ж профілю в залученні інвестицій, отриманні кредитів, виборі постачальників і підборі кваліфікованих кадрів. Фінансово стійким є підприємство, яке характеризується високими показниками платоспроможності, кредитоспроможності, рентабельності та ліквідністю балансу.

Сучасним інструментом забезпечення економічного зростання та фінансової стійкості підприємства є бізнес-планування. Бізнес-планування дає змогу провести об'єктивне оцінювання підприємницької діяльності, і в той же час це необхідний засіб поліпшення його фінансового стану через залучення інвестицій. У ньому характеризуються основні аспекти економічної діяльності, аналізуються можливі проблеми і визначаються способи їх вирішення.

Особливо актуальним є бізнес-планування підприємств спиртової промисловості, фінансово-економічний стан яких характеризується як незадовільний, економіка знаходиться в глибокій кризі, часто в стані банкрутства.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Проблеми забезпечення фінансової стійкості підприємств, бізнес-планування, моделювання, процесного управління досліджували такі вчені, як Т. Браян, Р. Гільфердінг, Дж. Кейнс, Д. Рікардо, П. Самуельсон, А. Сміт, В. Томсон, Й. Шумпетер та інші. Українські вчені доповнили наукові надбання зарубіжних дослідників. Окремі аспекти оцінювання фінансової стійкості досліджують такі вчені, як Б.М. Андрушків, В.М. Гриньова, В.М. Геєць, К.Ф. Ковальчук, В.В. Лук'янов, В.Г. Андрійчук, В.І. Бойко, П.П. Борщевський, П.І. Гайдуцький, О.В. Крисальний та інші.

Аналізуючи праці з досліджуваної проблематики, слід зазначити, що існує необхідність розробки концепції застосування бізнес-планування для забезпечення фінансової стійкості підприємств, яку можна використати на практиці.

Метою статті є розробка теоретичних основ і науково-практичних рекомендацій щодо складання бізнес-планів підприємства для забезпечення його фінансової стійкості.

Вклад основного матеріалу. В Україні створено потужну виробничо-технічну базу з виробництва етилового спирту та лікєро-горілочаних виробів, що налічує 84 спиртових заводи і 275 лікєро-горілочаних виробництв загальною потужністю, відповідно, понад 60 млн дал спирту та 120 млн дал лікєро-горілочаних виробів. Об'єм внутрішнього споживчого ринку харчового спирту складає 20—22 млн дал, а потенційний об'єм експортних ринків, доступних для українських виробників, — близько 10 млн дал. Спиртова промисловість України повністю задовольняє внутрішні потреби держави у спирті для виготовлення лікєро-горілочаних виробів, використовуючи лише 30—35 % своїх загальних потужностей.

На сьогодні з 84 спиртових заводів України працює близько 38, інші знаходяться або в процесі банкрутства, або простоюють. Такий показник є підставою для пошуку нових ринкових можливостей і розвитку стратегічних ініціатив, формування нових (або розширення існуючих) потреб для повнішого використання виробничого потенціалу на засадах диверсифікації, насамперед спорідненої, а також вертикальної інтеграції.

Виходячи з наведеного, нами проведено оцінку можливостей інноваційного розвитку підприємств галузі на прикладі спиртових заводів Черкаської області та запропоновано бізнес-плани реалізації інвестиційних проектів на них.

Складання бізнес-плану є досить трудомісткою процедурою, тому необхідно використовувати спеціальні комп'ютерні програми для автоматизації процесу розрахунку показників ефективності різних варіантів інвестиційних проектів. Одним з доступних і широко використовуваних в практичній діяльності програмних засобів розробки інвестиційних проектів є пакет прикладних програм «Project Expert». Використовуючи цей програмний продукт, складемо бізнес-плани для спиртових заводів Черкаської області на основі використання ресурсного потенціалу спиртових заводів шляхом порівняння показників ефективності отриманих інвестиційних проектів.

Загальне значення досліджуваних бізнес-проектів полягає у створенні матеріально-технічної бази й організаційно-економічних умов для збільшення виробництва спирту на підприємствах Черкащини. Виділення бюджетних коштів здійснюється під конкретні бізнес-плани інвестиційних проектів, що передбачають запровадження нових технологій, сучасного устаткування, закупівлю сировини, використання наявних виробничих потужностей для створення нових підрозділів та отримання прибутку для забезпечення фінансової стійкості підприємства.

Найважливішим розділом бізнес-плану, що дозволяє зробити висновок про можливість реалізації всього проекту, є фінансовий план, який включає три документи: звіт про прибутки, план-баланс і звіт про рух грошових коштів. Результати розрахунків фінансово-економічних показників бізнес-плану трьох підприємств оформлені в аналітичних таблицях. У табл. 1 наведені розрахунки про прибутки і збитки спиртових заводів на момент

передбачуваного завершення бізнес-проекту, які відображають операційну діяльність підприємств за аналізований період часу.

Таблиця 1. Розрахунки прибутків і збитків за рік за результатами реалізації бізнес-проекту на спиртових підприємствах Черкаської області, тис. грн, розраховано автором

№ п/п	Найменування статті	Підприємства			У цілому по всіх підприємствах
		1	2	3	
1.	Валовий обсяг реалізації	26517	26768	19057	72342
2.	Втрати і податки з реалізації	16365	16520	11671	44646
3.	Чистий обсяг реалізації	10152	10248	7296	27696
4.	Сировина і матеріали	5816	5871	4180	15867
5.	Відрядна заробітна плата	342	345	246	933
6.	Інші прямі витрати	1156	1166	830	3152
7.	Сумарні прямі витрати	7313	7383	5256	19952
8.	Валовий прибуток	2839	2865	2040	7744
9.	Оперативні витрати	231	260	210	701
10.	Торговельні втрата	37	38	27	102
11.	Адміністративні витрати	1580	1401	801	3785
12.	Сумарні постійні витрати	1848	1702	1039	4588
13.	Амортизація	124	116	72	312
14.	Відсотки по кредитах	102	120	98	320
15.	Сумарні калькуляційні витрати	226	236	170	632
16.	Прибуток до виплати податку	765	927	832	2524
17.	Податок на прибуток	184	222	200	606
18.	Чистий прибуток	581	704	633	1918

Одним із найважливіших документів фінансового плану інвестиційного проекту є план-баланс, який демонструє фінансовий стан підприємства на певний момент часу. В табл. 2 показані баланси трьох спиртових заводів на момент передбачуваного закінчення бізнес-проекту.

Таблиця 2. Прогнозний баланс інвестиційних проектів для спиртових підприємств Черкаської області, тис. грн, розраховано автором

№ п/п	Найменування статті	Підприємства		
		1	2	3
1.	Засоби на рахунку	127	263	48
2.	Рахунки до отримання	5423	8520	4594
3.	Товарно-матеріальні запаси	1191	4323	1367
4.	Сумарні поточні активи	6740	13406	5971
5.	Будівлі, споруди, устаткування	3654	4231	3350
6.	Інші активи	7	-	9
7.	Сума активів	10396	17637	9302
8.	Рахунки до оплати	2196	7005	1529
9.	Короткострокові кредити	600	800	800
10.	Сумарні короткострокові зобов'язання	2796	7805	2329
11.	Довгострокові позики	2000	2000	2000
12.	Сумарний власний капітал	5600	7832	4973
13.	Сумарний пасив	10396	17637	9302

Для отримання інформації про фінансовий стан підприємств на момент завершення інвестиційного проекту необхідно провести аналіз прогнозного балансу та звітності про прибутки і збитки. В табл. 3 наведені основні показники, що характеризують фінансовий стан трьох спиртових заводів.

Таблиця 3. Фінансові результати діяльності спиртових заводів Черкаської області після завершення інвестиційних проєктів, розраховано автором

№ п/п	Найменування статті	Підприємства		
		1	2	3
1.	Рентабельність активів, %	5,6	4,0	6,8
2.	Рентабельність власного капіталу, %	10,4	9,0	12,7
3.	Рентабельність інвестицій, %	21,5	20,7	19,0
4.	Рентабельність продажів, %	5,7	6,9	6,8
5.	Валовий прибуток / продажі, %	28,0	27,9	27,8
6.	Операційний прибуток / продажі, %	7,5	9,0	7,0
7.	Сумарна заборгованість / сум. активи, %	26,9	44,2	25,8
8.	Поточна ліквідність	2,41	1,72	2,56
9.	Коефіцієнт критичної оцінки	1,98	1,16	1,98
10.	Чистий оборотний капітал, тис. грн	1944	1601	1606
11.	Коефіцієнт оборотності надходжень	5,2	6,4	4,5
12.	Період оплати на продукцію, днів	69	57	79
13.	Показники вірогідності банкрутства	3,0	2,9	3,1

Ще одним документом, що входить у фінансовий розділ бізнес-плану, є звіт про рух грошових коштів, який характеризує формування і відтік грошової готівки, а також залишки грошових коштів підприємств. Звіт про грошовий потік відображає фактичне надходження грошових коштів і їх відтік.

Підсумкова цифра цього звіту відображає сальдо обороту грошових коштів підприємства, а не його прибутку. В табл. 4 містяться звіти про рух грошових коштів трьох спиртових заводів, складені на момент закінчення інвестиційного періоду.

Таблиця 4. Звіт про рух грошових коштів на спиртових підприємствах Черкаської області, тис. грн, розраховано автором

№ п/п	Найменування статті	Підприємства		
		1	2	3
1.	Надходження від збуту продукції	26517	26768	19057
2.	Прямі виробничі витрати	6972	7038	5010
3.	Витрати на відрядну заробітну плата	342	345	246
4.	Надходження від інших видів діяльності	224	148	103
5.	Виплати на інші види діяльності	183	124	96
6.	Загальні постійні витрати	2074	1938	1207
7.	Податки	16365	16520	11761
8.	Грошові надходження від оперативної діяльності	805	951	840
9.	Виплати на погашення позик	600	700	740
10.	Виплати відсотків по позиках	102	120	97
11.	Грошові надходження від фінансової діяльності	-702	-820	-834
12.	Баланс готівки на початок року	24	432	7
13.	Баланс готівки на кінець року	127	563	9,6

Показники ефективності інвестиційних проєктів узагальнені в табл. 5.

Таблиця 5. Прогнозні показники ефективності інвестиційних проєктів на підприємствах спиртової промисловості Черкаської області, розраховано автором

№ п/п	Найменування статті	Підприємства		
		1	2	3
1.	Чистий дисконтований дохід (NPV). тис. грн	344	404	355
2.	Внутрішня норма рентабельності (IRR) %	0,55	0,60	0,7
3.	Індекс прибутковості (PI)	1,24	1,28	1,36
4.	Термін окупності (PP), місяців	7,7	7,5	7,0

На основі бізнес-плану були розраховані показники бюджетної ефективності, які відображають вплив результатів реалізації інвестиційного проєкту на доходи і витрати бюджету відповідного рівня (державного, регіонального і місцевого).

Основним показником, що використовується для обґрунтування, зокрема фінансової підтримки передбачених у проєкті заходів, є бюджетний ефект B_t , який визначається як перевищення доходів відповідного бюджету D_t над витратами P_t , в t -ому році:

$$B_t = D_t - P_t. \quad (1)$$

Інвестиційні проєкти трьох спиртових заводів були розраховані з урахуванням їх фінансового і виробничого потенціалів, тобто за наявними можливостями збільшення обсягу виробництва спирту і залучення додаткових фінансових коштів для придбання сировини.

Потреба в додаткових ресурсах для виробництва спирту по всіх спиртових заводах складає 17012 тис. грн. При ставці рефінансування 15 % сума асигнувань з обласного бюджету складе 1722 тис. грн. У табл. 6 наведені показники бюджетної ефективності по спиртових заводах (тис. грн).

Таблиця 6. Показники бюджетної ефективності підприємств спиртової промисловості Черкаської області, тис. грн., розраховано автором

№ п/п	Найменування статті	Підприємства			У цілому по всіх підприємствах
		1	2	3	
1.	Акцизи: базисного періоду прогнозованого періоду	9206	8613	5366	
		11945	12058	8585	
2.	Зростання (+), зниження (-) надходжень до бюджету, у тому числі, до регіонального	+2739	+3445	+3219	+9403
		+1370	+1723	+1610	+4703
3.	ПДВ: базисного періоду прогнозованого періоду	3406	3187	1993	
		4419	4461	3176	
4.	Зростання (+), зниження (-) надходжень до бюджету, у тому числі до регіонального	+1013	+1275	+1183	+3471
		+507	+637	+592	+1736
5.	Бюджетні засоби, виділені для фінансування проєкту	276	316	261	853
6.	Бюджетна ефективність	3477	4404	4142	12023

Таким чином, на одну гривню вкладених засобів додатковий розмір надходжень у дохід бюджету складе 14 грн 09 коп.

Розподіл інвестицій по підприємствах враховує їх виробничий і фінансовий потенціал. Оцінимо розподіл інвестицій по спиртових заводах за допомогою методу адитивної оптимізації, в основі якого лежить розрахунок адитивного критерію за формулою:

$$F_i(a_{ij}) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot a_{ij}, \quad (2)$$

де: a_{ij} — критерії (показники, що мають однакову розмірність) по підприємствах; λ_i — вагові коефіцієнти, що визначають у кількісній формі важливість j -го критерію оптимальності; $F_i(a_{ij})$ — адитивні критерії розподілу (безрозмірні показники) по підприємствах.

Значення вагових коефіцієнтів λ_i встановлені нами за даними табл. 6 (рядок 5), а також виходячи з аналізу статистичних даних щодо обсягів інвестицій у галузь і питомої ваги інвестицій по кожному підприємству. Для розрахунку адитивних критеріїв розподілу інвестицій по спиртових заводах взяті показники фінансового і виробничого потенціалу. Умовно позначимо ці показники через a і визначимо адитивні критерії розподілу сум інвестицій по кожному з трьох підприємств. Дані для розрахунків наведені в табл. 7.

Таблиця 7. Дані для розподілу інвестицій по спиртових заводах Черкаської області, розраховано автором за показниками фінансового і виробничого потенціалу спиртових заводів Черкаської області

Найменування, номери груп показників і їх умовні позначення	Підприємство		
	ДП «Кам'янський спиртогорілчаний комбінат»	ДП «Косарський спиртовий завод»	ДП «Іваньківський спиртовий завод»
	a_{11} — a_{21} , λ_1	a_{12} — a_{22} , λ_2	a_{13} — a_{23} , λ_3
1. Фінансовий потенціал, Rф	$a_{11}=2,67$	$a_{12}=2,51$	$a_{13}=2,46$
2. Виробничий резерв (R резерв)	$a_{21}=0,32$	$a_{22}=0,41$	$a_{23}=0,59$
3. Питома вага розподілу обсягу бюджетних асигнувань, λ_i	$\lambda_1=0,152$	$\lambda_2=0,160$	$\lambda_3=0,183$

Розрахунки адитивних критеріїв оптимальності розподілу інвестицій по спиртових заводах проведені таким чином:

$$F_1(a_{1j}) \text{ ДП «Кам'янський спиртово-горілчаний комбінат»} = 0,152 \cdot 2,67 + 0,152 \cdot 0,32 = 0,40584 + 0,04864 = 0,454; \quad (3)$$

$$F_2(a_{2j}) \text{ ДП «Косарський спиртовий завод»} = 0,160 \cdot 2,51 + 0,160 \cdot 0,41 = 0,40160 + 0,06560 = 0,467; \quad (4)$$

$$F_3(a_{3j}) \text{ ДП «Іваньківський спиртовий завод»} = \\ = 0,183 \cdot 2,46 + 0,183 \cdot 0,59 = 0,45018 + 0,10797 = 0,558. \quad (5)$$

Фінансовий і виробничий потенціал оцінювався по трьох працюючих заводах. З урахуванням цього для них складений бізнес-плани. За результатами розрахунків отримуємо пріоритети розподілу інвестицій, наведені в табл. 8.

Таблиця 8. Пріоритети розподілу інвестицій по спиртових підприємствах Черкаської області, розраховано автором

Назва спиртових підприємств	Аддитивний критерій оптимальності розподілу інвестицій, $F_i(a_{ij})$	Пріоритет, одержаний відповідно до аддитивного критерію	Питома вага розподілу обсягу бюджетних асигнувань, λ_i	Сума інвестицій відповідно до питомої ваги, грн
ДП «Іваньківський спиртовий завод»	0,558	1	0,183	3 113 232
ДП «Косарський спиртовий завод»	0,467	2	0,160	2 721 952
ДП «Кам'янський спиртово-горілчаний комбінат»	0,454	3	0,152	2 585 854
Загальна сума інвестицій				8 421 038

У результаті розрахунків встановлено, що ДП «Іваньківський спиртовий завод» має перший пріоритет для фінансування інвестицій, другий — ДП «Косарський спиртовий завод»; і третій, останній пріоритет має ДП «Кам'янський спиртово-горілчаний комбінат».

На процес реалізації інвестиційних проектів мають вплив різні чинники, які можуть привести до відхилень інтегральних показників ефективності бізнес-проекту. Серед чинників, від яких найбільшою мірою залежать фінансові результати проекту в сучасній економічній ситуації, — інфляція, обсяг реалізації продукції, зміна витрат, ціна продукції тощо.

Для визначення ступеня впливу чинників на фінансові результати проекту використовується аналіз чутливості. Як ключовий показник, стосовно якого проводиться оцінка, вибирається один з інтегральних показників ефективності (термін окупності, індекс прибутковості, чиста дисконтована вартість, внутрішня норма рентабельності). В процесі аналізу чутливості змінюються значення вибраного критичного показника, і при інших незмінних параметрах визначається залежність значення ключового показника ефективності проекту від цих змін.

Аналіз чутливості інвестиційного проекту проведений за двома напрямками. Як головний показник, що характеризує ефективність інвестиційного проекту, виберемо показник чистого дисконтованого доходу. Результати аналізу чутливості інвестиційних проектів спиртових заводів Черкаської області наведені в табл. 9.

Таблиця 9. Варіанти реалізації інвестиційного проекту на спиртових заводах Черкаської області, розраховано і побудовано автором

Критерій Варіант	Підприємства		
	1	2	3
1. При заданих: базовому варіанті збуту фактичному обсязі продажів прямих і загальних витратах структурі капіталу			
PI	1,24	1,28	1,39
IRR	0,55	0,60	0,70
NPV	1718	2018	1775
PP, міс.	7,7	7,5	7,0
2. При зростанні витрат на 20% і збільшенні ціни на			
5%	0,66	0,97	1,36
PI	0,17	0,24	0,75
IRR	724	1230	1456
NPV	18	12,3	10,2
PP, міс.			

За даними табл. 9 інвестиційний проект реагує при заданому обсязі виробництва спирту етилового на зміну витрат виробництва. Збільшення обсягу інвестицій не передбачається.

При збільшенні витрат на 20 % і ціни реалізації на 5 % індекс прибутковості інвестиційних проектів по трьох підприємствах (PI) менший за одиницю. Отже, не можна збільшувати прямі витрати більш, ніж на 20 %, інакше всі результуючі показники та показник фінансової стійкості перестануть відповідати критеріям-вимогам для реалізації інвестиційного проекту.

Висновки

Результати проведеного дослідження надають можливість сформулювати такі висновки:

1. Стан фінансової стійкості спиртових підприємств України на сучасному етапі їх функціонування є критичним. Спостерігаються суттєві проблеми, пов'язані з інтерпретацією результатів розрахунків окремих показників фінансової стійкості; неоднозначністю їх оцінки, що призводить до неможливості надати чітке тлумачення рівня фінансової стійкості спиртових підприємств, що обумовлює необхідність впровадження на них бізнес-планування як сучасного інструменту забезпечення їх економічного зростання та фінансової стійкості.

2. Процес бізнес-планування є досить трудомісткою процедурою, потребує спеціальних комп'ютерних програм, значення його полягає у створенні матеріально-технічної бази та організаційно-економічних умов для підвищення ефективності виробництва, отримання прибутку, забезпечити розширене відтворення та фінансову стійкість підприємства.

3. Проведено розрахунки прибутків і збитків за результатами реалізації запропонованих бізнес-проектів на трьох спиртових підприємствах Черкаської області, наведені фінансові результати їх діяльності та прогнольні показники

ефективності інвестиційних проектів, зокрема, NPV, IRR, PI, PP. Визначено пріоритети розподілу інвестицій по спиртовим підприємствах Черкаської області, запропоновано варіанти реалізації інвестиційних проектів при різних умовах та зроблено висновки, які з них будуть оптимальними для забезпечення фінансової стійкості спиртових підприємств.

Література

1. *Андрійчук В.Г.* Сучасна аграрна політика: проблемні аспекти / В.Г. Андрійчук, М.В. Зубець, В.В. Юрчишин. — К.: Аграрна наука, 2005. — 140 с.
2. *Андрюшків Б.М.* Основи менеджменту/ Б.М. Андрюшків, О.Є. Кузьмін. — Львів: Світ, 1995. — 296 с.
3. *Гесць В.М., Мазаракі А.А.* (ред.) Пріоритети національного економічного розвитку в контексті глобалізаційних викликів. Часть 2 / Монографія: у 2 ч. — Ч. 2. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. — 273 с.
4. *Гильфердинг Р.* Финансовый капитал / Р. Гильфердинг. — М.: Книга по требованию, 2012. — 505 с.
5. *Гриньова В.М.* Інвестиційний менеджмент: Навчальний посібник / В.М. Гриньова, В.О. Коюда, Т.І. Лепейко, О.П. Коюда, Ю.М. Великий. — 2-ге вид., допрац і доп. — Х.: ВД «ІНЖЕК», 2005. — 664 с.
6. *Гриньова В.М.* Фінанси підприємств: Навчальний посібник / В.М. Гриньова, В.О. Коюда. — 2-ге вид., перероб. і доп. — К.: Знання-Прес, 2004. — 424 с.
7. *Гриньова В.М.* Фінанси підприємств в схемах: Навч. посібник / В.М. Гриньова, В.О. Коюда. — Х.: ВД «ІНЖЕК», 2003. — 191 с.
8. *Дж. К. Ван Хорн, Дж. М. Вахович* Основы финансового менеджмента, 11-е издание: Пер. с англ. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. — 992 с.
9. *Кейнс Дж. М.* Общая теория занятости, процента и денег / Дж. М. Кейнс. — М.: Гелиос АРВ, 2002. — 352 с.
10. *Крисальний О.В.* Формування системи державної підтримки розвитку агропромислового виробництва в Україні / О.В. Крисальний // Економіка АПК. — 1998 — № 7. — С. 8—14.
11. *Крисальний О.В.* Організаційно-економічні особливості інноваційної діяльності / О.В. Крисальний // Економіка АПК. — 2005. — № 8. — С. 10—12.
12. *Мамонтова Н.А.* Фінансова стійкість акціонерних підприємств і методи її забезпечення: автореф. дис. канд. екон. наук: 08.04.01 / НАН України; Інститут економічного прогнозування. — К., 2001. — 17 с.
13. *Офіційний сайт* Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.
14. *Оцінка і діагностика фінансової стійкості підприємства: моногр.* / М.О. Кизим, В.А. Забродський, В.А. Зінченко, Ю.С. Копчак. — Х.: ІНЖЕК, 2003. — 144 с.
15. *Про промислово-фінансові групи в Україні: Закон України від 21.11.95 № 437/95-ВР* // Відомості Верховної Ради України. — 1996. — № 23. — Ст. 88.
16. *Самуэльсон П.* Экономика / Пер. с англ. — Севастополь: Ахтиар, 1995. — 384 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СПИРТОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ БИЗНЕС- ПЛАНИРОВАНИЯ

А.В. Яценко

Восточноевропейский университет экономики и менеджмента

В статье исследованы теоретические подходы к обеспечению финансовой устойчивости промышленных предприятий, разработаны предложения по

формированию финансовой устойчивости предприятий на основе бизнес-планирования для трех спиртовых заводов Черкасской области. Доказано, что самым важным этапом при составлении бизнес-плана является написание финансового плана. Проведен детальный анализ его составляющих: отчета о прибылях, плана-баланса и отчета о движении денежных средств. Результаты расчетов финансово-экономических показателей бизнес-плана оформлены в аналитических таблицах. Приведены прогнозные показатели эффективности инвестиционных проектов, рассчитаны аддитивные критерии распределения инвестиций по спиртовым заводам, определена приоритетность финансирования бизнес-планов. Обоснована эффективность бизнес-проектов на основании расчетов: NPV — чистого дисконтированного дохода; PI — индекса прибыльности; IRR — внутренней нормы рентабельности; PP — срока окупаемости. Определены уровни затрат на производство продукции и порог цены на ее реализацию, при которых указанные показатели бизнес-проектов будут эффективными и позволят обеспечить финансовую устойчивость исследуемых спиртовых предприятий.

Ключевые слова: финансовая устойчивость, бизнес-планирование, эффективность проектов, бизнес-проект, инвестиции, показатели.

ESTABLISHING AN EU–UKRAINE FREE TRADE ZONE AS AN EFFECTIVE PROTECTION OF NATIONAL ECONOMIC INTERESTS

N. Ilyenko, Yu. Spasenko

Research Institute of Labour and Employment the Ministry of Social Policy and the NAS of Ukraine

Key words:

*Free trade zone
Export
Import quotas
Tariffs
Restrictions*

ABSTRACT

The modern conditions, existing risks and potential benefits of the creation of a free trade zone between the Ukraine and the EU are regarded in the article. Today 35 % of Ukrainian exports goes to the EU: the grain, metals, particularly ferrous metals, some machinery, food and other products of big business, sensitive to changes in world market prices. It is supposed that according to the European standards the Ukrainian products in Europe will fall in price and become more competitive. It is essential to create the conditions for small and medium-sized businesses to enter to the EU market in a rapid pace.

Article history:

Received 12.11.2015
Received in revised form
25.11.2015
Accepted 15.12.2015

Corresponding author:

N. Ilyenko
E-mail:
npnuht@ukr.net

СТВОРЕННЯ ЗОНИ ВІЛЬНОЇ ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ З ЄС — ЕФЕКТИВНИЙ ЗАХИСТ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ІНТЕРЕСІВ

Н.О. Ільєнко, Ю.О. Спасенко

НДІ праці і зайнятості населення Міністерства соціальної політики України і НАН України

У статті розглянуто сучасні умови, існуючі ризики та потенційні переваги створення зони вільної торгівлі України з ЄС. Зазначено, що сьогодні 35 % українського експорту спрямовується до ЄС. Переважно це зерно, метал, зокрема чорні метали, продукція машинобудування, харчової промисловості та інша продукція великого бізнесу, вразлива до коливання цін на світових ринках. Передбачається, що за умови відповідності європейським стандартам українські товари в Європі здешевіють і стануть більш конкурентоспроможними. При цьому важливим є забезпечення більш активного виходу на ринок ЄС малого і середнього бізнесу.

Ключові слова: *зона вільної торгівлі, експорт, імпорт, квоти, тарифи, обмеження.*

Постановка проблеми. На сьогодні в Україні посилюється значимість зовнішньої інтеграції у світовий економічний простір. Це є механізмом у спрощенні доступу до зовнішніх ринків і забезпеченні стабільних торговельних потоків за рахунок забезпечення конкурентоспроможності вітчизняного виробництва.

На шляху до єдиного європейсько ринку Україна має провести великий обсяг роботи щодо запровадження реформ і гармонізації законодавства з європейськими стандартами. Реалізацією цього завдання є створення зони вільної торгівлі між Україною та Європейським Союзом, яка сприятиме поглибленій інтеграції економіки до внутрішнього ринку ЄС, модернізації роботи підприємств і вдосконаленню їхнього технологічного укладу, значній лібералізації торгівлі товарами, послугами, рухом капіталу та комплексній гармонізації правил ведення бізнесу за нормами ЄС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В рамках реалізації Угоди про Асоціацію між Україною та Європейським Союзом питанням створення й ефективної реалізації зони вільної торгівлі опікуються Уряд України, Європейський Парламент, Представництво ЄС в Україні; західні та вітчизняні експерти, такі як Вільям Померанц (Інститут Кеннана), Даррен Хейман, Ніколас Бердж (керівник торгово-економічної секції у Представництві ЄС в Україні), Стефанос Іоакімідіс (керівник проекту ЄС по усуненню технічних бар'єрів у торгівлі між Україною та ЄС) та Йоакім Ламберт (експерт ЄС з питань законодавства у сфері технічних регламентів та стандартизації); К. Аврамченко, В. Філіпчук, О. Жолудь, В. Мазярчук (Міжнародний центр перспективних досліджень України); Ю. Якименко, А. Биченко, В. Замятін (Центр Разумкова) та інші.

Мета статті полягає у виявленні існуючих ризиків і потенційних переваг у зв'язку з підписанням Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, зокрема щодо розширення номенклатури й обсягів українського експорту, освоєння нових ринків для української продукції, розширення інвестиційної співпраці та залучення інвестиційних ресурсів до економіки України.

Викладення основного матеріалу дослідження. Економічну частину Угоди про асоціацію між Україною та ЄС було підписано у Брюсселі 19 липня 2014 року. Цю Угоду називають однією з найамбітніших, які будь-коли укладав Євросоюз. Передусім через створення «глибокої та всеохоплюючої зони вільної торгівлі» (ГВЗВТ), «глибока» — тому, що передбачає гармонізацію з усім законодавством ЄС, а «всеохоплююча» — тому, що стосується різних секторів і сфер економіки. В загальному розумінні зона вільної торгівлі — це тип міжнародної інтеграції, за якої в країнах-учасниках скасовуються митні збори і кількісні обмеження у взаємній торгівлі.

Одним із основних виразників східної політики Євросоюзу виступає Німеччина, яка в 2006 р. ініціювала її оновлення (активізацію в країнах-членах та залучення нових держав). Зокрема, для України характер даного процесу створює доволі сприятливу політичну кон'юнктуру. Втілювати її слід у вигляді європейської політики сусідства, так званої ініціативи «ЄПС+» через запровадження механізму «розширеної асоціації» для держав, які прагнуть набути членства в ЄС. Принциповим для України є створення поглибленої зони вільної торгівлі, тобто ЗВТ+ та розширення співробітництва в

енерготранзитній сфері. ЗВТ+ передбачає скасування митних квот і тарифів та нетарифних обмежень (у спосіб адаптації національної системи стандартизації та законодавства, в першу чергу технічного, до вимог ЄС), що забезпечить вільний рух товарів, послуг, капіталу та робочої сили.

Ця Угода між Україною та ЄС першочергово передбачає скасування або суттєве зменшення експортних та імпорتنних мит; скасування технічних бар'єрів; чесну конкуренцію і рівні умови доступу до ринків, що підвищить прозорість надання державної допомоги; свободу заснування підприємницької діяльності, що збільшить притік іноземних інвестицій; взаємний доступ до державних закупівель. Угода не перешкоджає збереженню чи створенню митних союзів, зон вільної торгівлі або домовленостей про прикордонну торгівлю за тим винятком, коли вони вступають у конфлікт з торговельними домовленостями, передбаченими цією Угодою. Сторони можуть проводити консультації з питань щодо укладання угод з іншими країнами, для врахування взаємних інтересів України та ЄС.

За результатами Звіту про виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС за період з вересня 2014 р. по січень 2015 р. Уряд забезпечив підготовку до створення зони вільної торгівлі між Україною та ЄС. У зв'язку з цим було прийнято низку актів: щодо видачі митницею сертифіката з перевезення товару EUR.1 (від 18.11.14 № 1142); контролю за використанням тарифної квоти (від 11.12.14 № 1203), зокрема цукру, свинини та м'яса птиці; розроблено механізми застосування спеціальних заходів щодо імпорту до України одягу, який був у користуванні. Продовжується реформування системи стандартизації та метрології — Закон України «Про стандартизацію» від 03 січня 2015 року. У 2014 році прийнято 2313 національних нормативних документів, з яких 1998 гармонізовано з міжнародними та європейськими, а загальна їх кількість складає 8849 стандартів. Прийнято нову редакцію Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» та Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності». Останній створює законодавче підґрунтя для адаптації вертикального (секторального) законодавства. Із 27 актів європейського секторального законодавства в Україні прийнято 24 технічних регламенти, з яких 17 є адаптованими й обов'язковими до застосування.

Створено контактний пункт з питань санітарних і фітосанітарних заходів (держветфітослужба). Створено Раду бізнес-омбудсмена з метою сприяння прозорості діяльності органів державної влади, суб'єктів господарювання, що належить до сфери їх управління. Прийнято Закон України «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо удосконалення податкового контролю за трансфертним ціноутворенням» (від 28.12.14 № 72-VIII) та закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо спрощення умов ведення бізнесу» (від 22.12.14 № 1580).

Тривають консультації про укладення угоди про приєднання України до програми ЄС з підвищення конкурентоспроможності малих і середніх підприємств (COSME) з метою покращення регуляторного середовища та бізнес-клімату в Україні.

Угода про поглиблену та всеохоплюючу зону вільної торгівлі діє за такими напрямками: національний режим та доступ товарів на ринки; засоби захисту торгівлі; технічні бар'єри в торгівлі; санітарні та фітосанітарні заходи;

митні питання та сприяння торгівлі; заснування підприємницької діяльності, торгівля послугами, електронна торгівля; поточні платежі та рух капіталу; державні закупівлі; інтелектуальна власність; конкуренція; питання, пов'язані з торгівлею енергоносіями; прозорість; торгівля та сталий розвиток; врегулювання спорів; механізм посередництва.

Зона вільної торгівлі передбачає, що Україна та ЄС поступово знижуватимуть свої тарифи протягом 7 років до 98 % їх кількості. При цьому ЄС має знизити свої тарифи раніше, ніж це зробить Україна, що дасть змогу українському бізнесу мати більше часу для пристосування. Ця робота з боку ЄС розпочалася ще у квітні 2014 р., чим відкрила свій ринок для українських товарів. Євросоюз запровадив «автономні торговельні преференції», якими він реалізує свої зобов'язання в рамках Угоди про асоціацію. Вони створили унікальну ситуацію: ЄС знизив свій митний захист від українських товарів, а Україна зберегла свій тарифний захист. При цьому було запроваджено низку тарифних квот (нульових тарифів) для певних обсягів деяких сільськогосподарських товарів, без обмеження їх загальної кількості для експорту. Цими преференціями ЄС застосував частину положень про глибоку та всеосяжну зону вільної торгівлі.

При цьому митні тарифи України не є надто високими. Але торговельні преференції з боку ЄС — це одностороння пропозиція для допомоги розвитку українській економіці. Вони будуть застосовуватися до 31 грудня 2015 року. Від 1 січня 2016 року набуде чинності дія угоди про глибоку та всеосяжну зону вільної торгівлі між ЄС та Україною.

В останні кілька років обсяги експорту товарів з України до Росії, Білорусі та Казахстану стрімко падали, що стало результатом ведення торговельних воєн, розпочатих з 2012 р. Російською Федерацією. В умовах перманентних торговельних воєн українські виробники поступово переорієнтовувалися на європейський ринок та ринки інших країн світу. Так, у 2014 р. порівняно з 2013 р. експорт вітчизняних товарів до Росії зменшився на третину (33,7 %) із 23,7 % до 18,2 %, а до країн ЄС — зріс на 2,6 % (з 26,6 % до 31,5 %) [1].

У результаті торговельних воєн продаж до Російської Федерації м'яса та субпродуктів, кондитерських виробів, автотранспорту, засобів залізничного транспорту, продукції суднобудівної галузі, літальних апаратів зменшився в 2,5—5 разів; продукції чорної металургії — на 40 %; молочної продукції та яєць — на 23 %. Вже у 2013 р. експорт українських товарів до РФ дорівнював лише 8 % українського ВВП.

Нагальним залишається питання залежності України від Російської Федерації за експортом послуг, більша частина якого — транзит газу до країн ЄС (34,6 % у I кв. 2014 р.). В той час, коли Україна є членом Енергетичного співтовариства з ЄС, ми продовжуємо продавати російське паливо на кордоні України з ЄС, а не Росії з Україною. Подальше транспортування та зберігання газу в українських газосховищах повинне бути справою європейських покупців газу і по факту стати експортом послуг до ЄС. Вирішення цього завдання є першочерговим для Уряду України.

За два перших місяці (травень-червень 2014 р.) дії односторонньої вільної торгівлі, не маючи довгострокових контрактів та належних умов пристосування до нових можливостей з європейськими партнерами, український бізнес зміг

наростити експорт до Європи на 25 % у доларовому еквіваленті або майже вдвічі у гривнях порівняно з 2013 роком. Загалом протягом 2014 року зростання експорту України до ЄС було занадто низьким внаслідок девальвації гривні, зовнішньої агресії та зростання недовіри [2]. Частка експорту України в ЄС до українського ВВП зростає з 9 % (2013 р.) до 13 % (2014 р.).

Позитивні зміни у торгівлі з ЄС відбулися через скасування мит, девальвацію гривні та відновлення бізнес-активності в європейських країнах. Найбільше зріс експорт до Латвії (більше ніж удвічі), Бельгії, Великої Британії, Литви та Нідерландів.

Для українських виробників найсуттєвішим буде зниження тарифних обмежень з боку ЄС у таких галузях, як: легкова промисловість, хімічна промисловість, машинобудування, харчова промисловість, що сприятиме покращенню доступу українських виробників на відповідні ринки. Уведення тарифних квот, які дозволяють нульовий експорт в ЄС у рамках квоти, створює можливості українському бізнесу для завоювання ринку. Водночас, Україна поступово відкриє свій ринок для товарів, які виробляються в ЄС. Порівняно з іншими галузями найбільше зменшення ввізних мит матиме місце у легкій промисловості, зокрема, у виробництві одягу, виробництві іншої неметалевої мінеральної продукції, харчовій промисловості, виробництві меблів. При цьому Україна збереже низькі ставки ввізного мита на окремі товари машинобудування [3].

За даними Представництва Євросоюзу в Україні найбільшу вигоду від односторонніх преференцій ЄС з моменту їх запровадження отримало сільське господарство та промисловість із переробки сільгосппродукції, електрообладнання, обладнання високого тиску, товари машинобудування тощо. Зокрема, експорт продукції тваринництва зріс на 150 %, овочів та продукції рослинництва — більше, ніж на 100 %. Деякі українські товари вперше вийшли на європейський ринок, наприклад, фруктові соки. Майже на чверть зріс експорт металу та сталі, також підвищився експорт машинобудівної продукції, текстильної промисловості і взуття. Разом з тим експорт руди та неорганічної хімічної продукції суттєво впав. Свою негативну роль у становленні та реалізації нових торговельних відносин відіграють військові дії на Донбасі, припинення яких сприятиме ефективному розвитку торгівлі з ЄС, яка зменшить або навіть компенсує наслідки торговельної війни з Росією.

Однак, протягом 2014 р. Україна не змогла заповнити деякі з наданих ЄС квот, адже вона ще не дотримується європейських стандартів безпечності продукції щодо певних товарів. Приміром, овес — 40 тонн — це 1 % з запропонованих 4 тис. тонн; гриби — 0 %; солодка кукурудза — 0 % із запропонованих 1500 тонн; курячі тушки — 0 % тощо.

За даними Державної митної служби за підсумком 2014 р. Євросоюз став головним партнером України як за експортом, так і за імпортом товарів. Так, перше місце за товарообігом України посіли країни Євросоюзу — 35,5 %, друге — країни СНД (29,0 %), третє — країни Азії (24,0 %). Зростання українського експорту до країн ЄС в середньому склало 2 %, зокрема Нідерланди — 7 %, Італія — 5 %, Польща — 2 %, Німеччина — 1 %, інші країни — 2 %. Зменшення українського експорту відбулося лише до Франції та Угорщини

(рис. 1). Загальний зовнішньоторговельний оборот України в січні-лютому 2015 р. склав більше 12 млрд дол. США, причому експорт до ЄС (експорт — 36 %, імпорт — 40 %) був більшим, ніж до країн СНД майже вдвічі.

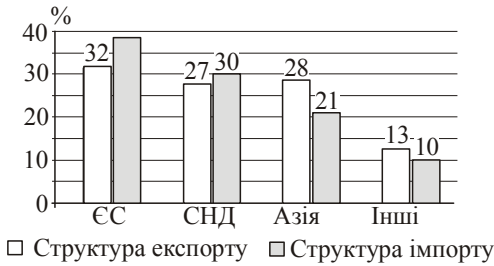


Рис. 1. Структура експорту та імпорту України до регіонів світу у 2014 р., [4]

За 2014 р. обсяги експорту та імпорту товарів України до країн ЄС становили відповідно 17004,7 млн. дол. США та 21059,8 млн. дол. США. Порівняно з довоєнним 2013 р. експорт зріс на 2,6 %, а імпорт скоротився на 21,3 %. Найбільшим зростання обсягів експорту було до Іспанії — 19,3 %, Великої Британії — 12,2 % та Литви — 12,0 %. А в загальному обсязі експорт у 2014 р. найбільшим був до Польщі, Італії, Німеччини та Угорщини.

Імпорт товарів зріс лише з Литви (7,0 %) та Угорщини (4,6 %), при цьому максимальним він був з Німеччини, Польщі, Італії та Угорщини (рис. 2).

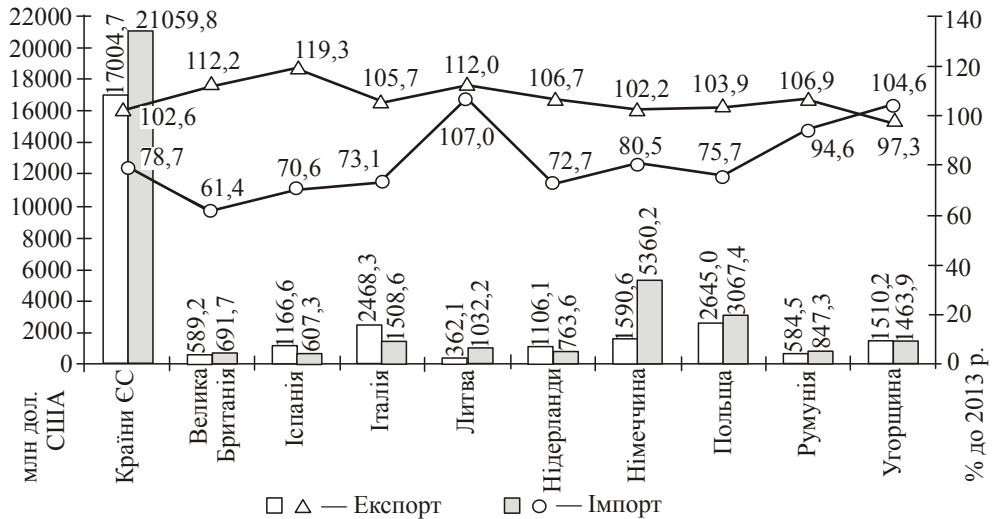


Рис. 2. Зовнішня торгівля України товарами з найбільшими торговими партнерами з країн ЄС у 2014 р., [5]

Зниження мита на деякі товари не гарантує їх допуск на європейські ринки, оскільки вони не відповідають стандартам ЄС, наприклад, українське молоко та молочна продукція. З цією метою Україна ухвалила Закон «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» тощо. Зміна стандартів має бути спрямована на створення належної інфраструктури та інституцій, які змогли б керувати новою системою ринкового нагляду, за якої промисловість сама сертифікуватиме багато своїх товарів на відповідність стандартам безпеки продукції.

Гармонізація технічних регламентів в ЄС функціонує з середини 80-х років минулого століття і є гнучкою та сприятливою для інновацій. Вона покладає відповідальність за товар на виробника. Єврокомісія має перелік уповноважених органів щодо процедур оцінки відповідності товарів стандартам ЄС. Виробник може обирати уповноважений орган у будь-якій країні ЄС для оцінки відповідності, якщо цей продукт їх потребує. Гармонізовані європейські стандарти представляють спільну угоду про мінімальні вимоги до безпеки продукції. Вони постійно переглядаються та оновлюються, відображають постійні технологічні зміни, що є їх основною перевагою. Іншою перевагою є їх глобальне визнання. Більшість європейських стандартів є стандартами ISO та IEC.

Регуляторна система ЄС сприяє запровадженню інновацій, що позитивно впливає на якість та конкурентоспроможність продукції, що в свою чергу підвищить попит та здешевить її виробництво, а також залучить нових інвесторів, як приватних на етапі становлення, так і державних — на етапі гарантованої політичної та економічної стабільності.

У розрізі товарних груп найбільші суми сплаченого до державного бюджету мита з експорту забезпечили відходи і лом чорних металів та шихтових злитків (70 % від загальної суми мита), велика рогата худоба (15 %) та насіння льону (10 %); нафта та нафтопродукти, транспортні засоби, кам'яне вугілля та антрацит [6].

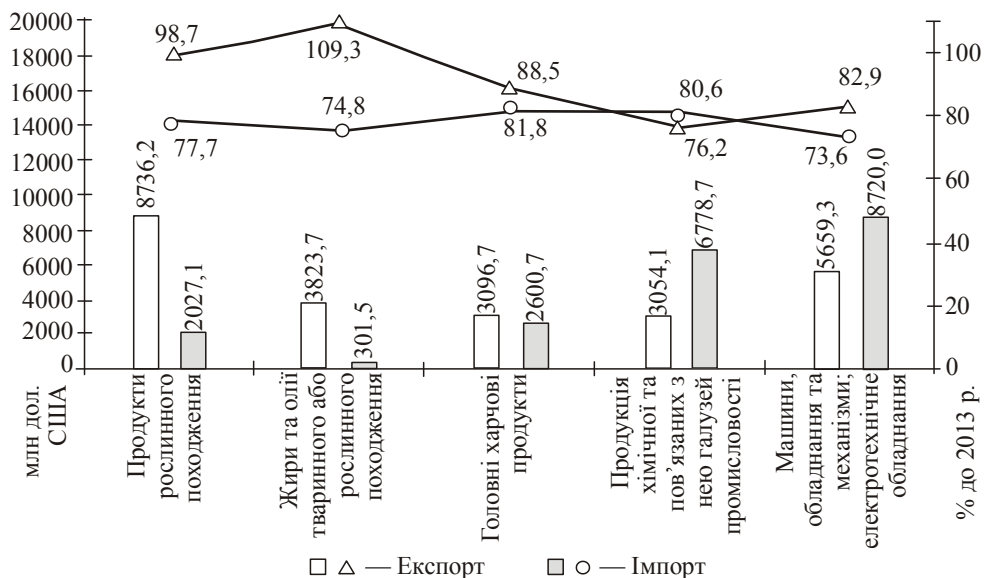


Рис. 3. Найважливіші товарні групи у структурі зовнішньої торгівлі України у 2014 р., [5]

На зростання експорту вплинули окремі групи товарів: продукти рослинного походження; машини, обладнання та механізми, електротехнічне обладнання; жири та олії тваринного або рослинного походження; продукція хімічної та пов'язаних з нею галузей промисловості; готові харчові продукти. Зростання експорту за 2014 р. порівняно з 2013 р. спостерігалось серед такої

товарної групи, як жири та олії тваринного або рослинного походження — 9,3 %. Імпорт зріс лише у такій товарній групі як продукти рослинного походження за позицією зернові культури — 19,6 % (рис. 3).

Гірничо-металургійний комплекс України характеризується чіткою експортною орієнтованістю та складає майже 3 % ВВП, близько 30 % в експорті всієї продукції, забезпечує понад 40 % валюти в країні. Зовнішній попит на українську металопродукцію обумовлюється її низькою вартістю. Однак, конкуренція за європейський ринок загострюється як з боку європейських компаній, так і інших великих експортерів до ЄС. Для економіки України металургійна галузь є надзвичайно важливою. Тому необхідно передбачити такі форми співпраці з ЄС, які були б вигідні для обох сторін (наприклад, асоційоване членство в Європейській конфедерації металургійної промисловості (EURO-FER)). Прийняття угоди про ЗВТ між Україною та ЄС повинно стати потужним чинником модернізації української металургії, зняття торговельних обмежень щодо України та гармонізації умов торгівлі металопродукцією.

Європейський Союз є провідним експортером та імпортером у світі в торгівлі сільськогосподарською продукцією, тому для України важливо посісти гідне місце в цьому процесі. Для цього необхідно забезпечити належний тарифний захист та підтримку сільського господарства України, використовуючи спеціальні захисні засоби, передбачені в Угоді по сільському господарству СОТ, підвищити рівень його субсидіювання.

Найбільш чутливими в сільськогосподарському виробництві є товари м'ясної та молочної груп. В умовах створення ЗВТ європейськими спеціалістами були проведені перевірки українських молокопереробних підприємств на предмет їх відповідності стандартам. За їх результатами експорт молочної продукції на ринок ЄС може бути розпочатий в другій половині 2015 року. У 2016 році планується така ж місія європейських ветеринарів на українські м'ясопереробні підприємства з перспективою отримати право поставляти свою продукцію на ринок ЄС [6].

Підписання Угоди про асоціацію з ЄС щодо зони вільної торгівлі дозволяє визначити переваги та ризики з можливими негативними наслідками для економіки України.

Потенційними перевагами є:

- наближення законодавства України до законодавства ЄС шляхом створення гармонізованого правового поля для забезпечення діяльності суб'єктів торговельних відносин;
- створення умов для обмеження монополізму та розвитку конкуренції;
- створення сприятливого інноваційно-інвестиційного клімату;
- забезпечення вільного доступу вітчизняної продукції на ринок ЄС;
- розширення доступу малого бізнесу до європейських ринків;
- розширення номенклатури товарів на внутрішньому ринку;
- підвищення ефективності діяльності фіскальних органів з метою сприяння розвитку торгівлі;
- поліпшення умов експорту продукції за рахунок скасування ввізного мита;
- підвищення обсягів товарообігу;
- посилення довіри міжнародних фінансових інституцій;

- можливість використання досвіду країн — нових членів ЄС щодо компенсації або унеможливлення імовірних ризиків при укладанні договору.

Потенційними ризиками є:

- посилення конкурентного тиску на внутрішньому ринку;
- необхідність пошуку партнерів та коштів з метою модернізації виробництва, його переоснащення та зміни технологій;
- досить висока вартість введення в країні незалежних регуляторних структур та їх сучасного технічного забезпечення;
- виникнення макроекономічних ризиків внаслідок зміни конкурентоспроможності за рахунок розширення номенклатури імпортованих товарів;
- погіршення ситуації на ринку праці та зростання рівня безробіття.

Рада ЄС із закордонних справ 16 березня 2015 р. ухвалила оновлений Порядок денний асоціації з Україною, який є практичним інструментом відносин Україна—ЄС з метою підготовки та полегшення повної реалізації Угоди між Україною та ЄС про асоціацію, а також досягнення загальнополітичної асоціації та економічної інтеграції. Документ містить пункти щодо співпраці України з ЄС в економічній, юридичній сферах, в галузі безпеки, зовнішньої політики тощо [7].

Порядок денний передбачає впровадження реформ в десяти ключових галузях: конституційна реформа з подальшим впровадженням реформи юридичної системи та децентралізації; судова реформа, основою якого є Стратегічний план юридичних реформ; антикорупційна реформа, яка передбачає створення Національного антикорупційного Бюро та Національного агентства із запобігання корупції; реформа державного управління відповідно до європейських принципів державного управління; виборча реформа через створення єдиного виборчого законодавства; реформа у сфері держзакупівель через дотримання директив, якими послуговуються в ЄС; податкова реформа — підвищення ефективності податкового адміністрування; реформи з дерегуляції для лібералізації контролю над бізнесом та спрощення системи видачі дозволів, ліцензій тощо; реформа зовнішнього аудиту; енергетична реформа шляхом реструктуризації Нафтогазу та регулювання ринків газу, електроенергії та комунальних послуг; покращення ситуації з дотриманням прав людини та громадянських свобод з рахунок створення та впровадження Національної стратегії з прав людини.

З листопада 2014 р. розпочалося тимчасове застосування угоди на етапі завершення ратифікаційного процесу країнами-членами ЄС.

Висновки

Для отримання більших переваг від підписання Угоди про асоціацію Україні потрібно реформувати та модернізувати всі галузі господарства, особливо високотехнологічні, щоб прискорити пристосування до нових умов торгівлі та вихід на європейський ринок нових конкурентоспроможних товарів.

Одним із шляхів є одностороннє запровадження режиму «автономних торговельних преференцій» з боку ЄС, яке до кінця 2015 р. дозволить заощадити вітчизняним експортерам значні кошти. Перехідний період щодо

зменшення або скасування ввізного та експортного мита на товари відповідно до встановлених графіків триватиме впродовж десяти років. Для найбільш чутливих товарів сільського господарства та харчової промисловості (наприклад, деяка м'ясна продукція та цукор) запроваджуються тарифні квоти. У взаємній торгівлі Україна та ЄС підтвердили можливість застосування захисних (спеціальних), антидемпінгових та компенсаційних заходів. Адаптація торговельного та митного законодавства України до стандартів ЄС дозволить забезпечити належну реалізацію цілей Угоди: скоротити витрати і спростити здійснення митних процедур; запровадити єдиний адміністративний документ для митного декларування; забезпечити застосування сучасних митних методів — систему управління ризиками, постаудит контроль тощо; створити інститут спрощених процедур для уповноважених економічних операторів; упорядкувати систему штрафів за порушення митного законодавства та процедурних вимог.

Проведення структурних економічних реформ стимулюватиме залучення інвестицій в реальний сектор економіки, створення високопродуктивних робочих місць, зростання доданої вартості та ВВП. В енергетичному секторі це призведе до диверсифікації постачань енергоресурсів в рамках Енергетичного Співтовариства, переходу до ринкового ціноутворення та спільної з європейськими компаніями модернізації та експлуатації української газотранспортної системи, запуску великих реверсних потоків газу з Європи в Україну, посилення глобальної енергетичної безпеки. У сфері науки, інновацій та досліджень Україна як асоційований член Програми Європейського Союзу «Горизонт 2020» отримає більші можливості для розбудови інноваційної структури та ефективної системи захисту інтелектуальної власності та трансферу технологій.

Література

1. *Зовнішня торгівля України товарами за 2014 рік.* — Експрес-випуск, 16.02.2015 № 66/0/08.2вн-15. — Державна служба статистики України, 2015. — 23 с.
2. *Торгівля без війни.* Підсумки двох місяців ЗВТ з Євросоюзом. — Європейська правда. — Четвер, 25 вересня 2014, 14:07 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.eurointegration.com.ua/articles/2014/09/25/7026298/>. — Назва з екрана.
3. *Економічна складова Угоди про Асоціацію між Україною та ЄС: наслідки для бізнесу, населення та державного управління* / Бетлій О., Риженков М., Кравчук К., Кравчук В., Коссе І., Галько С., Науменко Д., Мовчан В., Бураковський І., Кузнецова Г. — К., «Альфа-ПБК» 2014. — 140 с.
4. *ЄС став головним торговельним партнером України.* Інфографіка. — 16 січня 2015. — Режим доступу: www.eurointegration.com.ua/news/2015/01/16/7029751/. — Назва з екрана.
5. *Зовнішня торгівля України товарами за 2014 рік* / Експрес-випуск. — Державна служба статистики України, 2015. — 23 с.
6. *Україна* увеличила экспорт в ЕС. — 2:50, 20.03.2015 — [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://ubr.ua/finances/macroeconomics-ukraine/ukraina-uvulichila-eksport-ves-332586>. — Назва з екрана.
7. *В ЄС оприлюднили текст оновленого Порядку денного асоціації з Україною.* — 17 березня 13:06 — [Електронний ресурс] — Режим доступу : <http://tyzhden.ua/News/132142>. — Назва з екрана.

СОЗДАНИЕ ЗОНЫ СВОБОДНОЙ ТОРГОВЛИ УКРАИНЫ С ЕС — ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ

Н.О. Ильенко, Ю.О. Спасенко

НИИ труда и занятости населения Министерства социальной политики Украины и НАН Украины

В статье рассмотрены современные условия, существующие риски и потенциальные преимущества при создании зоны свободной торговли Украины и ЕС. На сегодня 35 % украинского экспорта направляется в ЕС. Главным образом, это зерно, металл, в частности чёрные металлы, продукция машиностроения, пищевой промышленности и другая продукция большого бизнеса, чувствительная к изменению цен на мировых рынках. Предполагается, что, при соответствии европейским стандартам, украинские товары в Европе подешевеют и станут более конкурентоспособными. При этом важным является обеспечение более активного выхода на рынок ЕС малого и среднего бизнеса.

Ключевые слова: зона свободной торговли, экспорт, импорт, квоты, тарифы, ограничения.

УДК 65.017.3:338.439.4:339.137.2:005(045)

COMPETITIVENESS AND QUALITY OF FOOD: THE GENERAL PRINCIPLES AND METHODS OF PLANNING IN SMALL PRODUCTION ENTERPRISES

V. Lutsiak

National University of Food Technologies

Key words:

*Food
Competitiveness
Quality
Management
Planning
Quality function
deployment*

Article history:

Received 10.11.2015
Received in revised form
24.11.2015
Accepted 16.12.2015

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The paper deals with the issue of product quality in small production enterprises of the food industry in terms of their competitiveness based on quality planning of the products obtained due to the complex use of raw materials through the development of dynamic capabilities, using innovation potential and quality function deployment. The results are based on the principles of providing Hazard analysis and critical control point, goals of Total Quality Management and demands of ISO 9001.

КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ І ЯКІСТЬ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ: ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ І МЕТОДИКА ПЛАНУВАННЯ В МАЛИХ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

В.В. Луцяк

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто питання забезпечення якості продукції малих виробничих підприємств харчової промисловості крізь призму її конкурентоспроможності шляхом планування якості продукції, отриманої в результаті комплексного використання сировини, на основі розвитку динамічних здібностей, використання інноваційного потенціалу та розгортання функції якості. Результати ґрунтуються на забезпеченні принципів Hazard analysis and critical control point, цілей Total Quality Management та вимог ISO 9001.

Ключові слова: *харчові продукти, конкурентоспроможність, якість управління, планування, розгортання функції якості.*

Постановка проблеми. Висока якість і конкурентоспроможність продукції, послуг і виробництва в умовах транзитивної й ринкової економік є чинниками успішної господарської та підприємницької діяльності, забезпечення високої ефективності виробництва і реалізації продукції й послуг.

Головна мета держави — забезпечення реального і стійкого підвищення якості та рівня життя населення. Якість життя визначається економічним потенціалом країни. В основі якості життя лежить інтенсивний розвиток науки і виробництва, кваліфікаційний потенціал трудових ресурсів, застосування наукоємних та інформаційних технологій, всебічне ресурсозбереження, тому серед факторів, що визначають економічний розвиток і зростання якості життя, насамперед слід назвати конкурентоспроможність продукції і виробництва.

Використання теоретичних підходів і практичних методів забезпечення належного рівня якості і конкурентоспроможності створюваних виробів є невід'ємною складовою частиною діяльності виробничих підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний стан досліджень якості і конкурентоспроможності дозволяє впроваджувати результати в реальну діяльність підприємств та підвищувати її ефективність. Значний внесок у розвиток фундаментальних теоретичних і методологічних аспектів конкурентоспроможності внесли американські вчені М. Портер [17] — теорія конкурентної переваги, види конкурентних стратегій, Ф. Котлер [10] — загальна теорія маркетингу та розробка комплексу маркетингу як маркетингових інструментів, російські вчені Р.А. Фатхутдінов [20] — розробка теорії управління конкурентоспроможністю організації, І.М. Ліфиць [12] — методи оцінки конкурентоспроможності підприємства та його продукції.

Загальні проблеми теорії менеджменту якості промислового підприємства відбивалися в сучасних дослідженнях, серед яких дослідження зв'язку між споживачами, конкуренцією і якістю Т. Конті [9], визначення якості товарів і послуг на підставі споживчої вартості Б.А. Мінін [14], формування якості товару в процесі управління його створенням Ю.А. Захарова [7].

Дослідження останніх років вітчизняних вчених у сфері якості продукції стосуються різних її аспектів у галузях народного господарства, серед яких Н.О. Безнощенко [2], Ю.Н. Уткіна [19], А.Е. Алімова [1], Л.М. Мостова [15] — зв'язок якості і конкурентоспроможності продукції, В.М. Пархоменко [16] — економічний аналіз якості продукції, К.М. Кутах [11], К.О. Черновська [22], М.П. Головка [3] — вивчення та розробка систем управління якістю у підприємствах та ін.

Метою дослідження є планування конкурентоспроможності і якості продукції малого виробничого підприємства харчової промисловості, отриманої в результаті комплексного використання сировини на основі методології маркетингу та розгортання функції якості.

Виклад основних результатів та їх обґрунтування. Управління якістю на підприємствах в Україні здійснюється системами управління якістю розроблених на основі національних стандартів України серії ISO [6]. Зокрема, в харчовій промисловості значення має стандарт за принципами НАССР ДСТУ 4161-2003 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги.» [4] та більш новий ДСТУ ISO 22000:2007 [5].

Оригінальна концепція HACCP (Hazard analysis and critical control point — Аналіз ризиків і критична контрольна точка) складається з трьох принципів [25]:

1. Визначити й оцінити ризики, пов'язані з продуктами харчування, від вирощування до маркетингу.

2. Визначити критичні контрольні точки (ККТ; critical control point — CCP англ.) в контролі будь-якої небезпеки.

Дана концепція призначена для підприємств усієї системи створення харчових продуктів, починаючи з виробників (рис. 1).

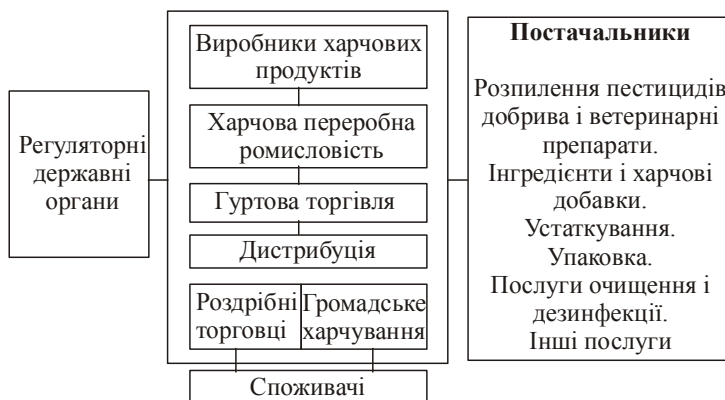


Рис. 1. Система створення і споживання харчових продуктів, побудовано за даними [5]

Сьогодні вчені і фахівці у сфері якості пов'язують сучасні методи управління якістю з методологією TQM (Total Quality Management) — загальне (тотальне, всеохоплююче) управління якістю. Дана концепція передбачає загальне цілеспрямоване та скоординоване застосування систем і методів управління якістю у всіх сферах діяльності від досліджень і розробок до післяпродажного обслуговування за участі керівництва та співробітників усіх рівнів за умови раціонального використання технічних можливостей підприємства.

Важливими завданнями серед інших при плануванні якості продукції підприємства є:

- поширення та впровадження конкретних заходів із забезпечення необхідного рівня якості;

- необхідність ресурсного забезпечення та розвитку сировинної бази;

- необхідність розробки державних стандартів, технічних умов та іншої нормативної документації для нових видів продукції.

Одним із завдань державної політики у сфері якості є впровадження інновацій і вдосконалення виробничих процесів, впровадження систем управління якістю, організація та здійснення постійного навчання. Ключовим чинником в організації безперервного навчання виступають унікальні організаційні здібності, що забезпечують стійкі та стратегічно важливі конкурентні переваги, а також оновлення конкурентних переваг і покращення якості продукції [18, 24]. При цьому основою конкурентних переваг стає інноваційний потенціал підприємства, що передбачає наявність необхідних ресурсів та інтенсивність їх використання для забезпечення інноваційного розвитку [21].

Між поняттями «якість» і «конкурентоспроможність» існує тісний зв'язок. Вони служать для оцінки результатів конкретної праці, його суспільної корисності і визначаються через сукупність властивостей товарів.

При розробці й експлуатації власного виробничого обладнання, використанні методів обробки сировини, які зберігають поживну цінність біологічних продуктів в підприємствах харчової промисловості, можна виготовляти асортимент продукції високої якості. Однак такі методи не дозволяють отримувати продукцію у великому обсязі, що суттєво впливає на рівень відпускних цін. За таких умов основними чинниками при плануванні виробництва, що забезпечують підприємству конкурентні переваги, є якість продукції та вимоги і очікування споживачів.

Для малих виробничих підприємств основні цілі, що висуває TQM, такі:

- орієнтація підприємства на задоволення поточних і потенційних запитів споживачів;

- возведення якості в ранг мети підприємства;

- оптимальне використання всіх ресурсів організації.

При розробці якісного товару суттєве значення мають інновації. Провідне місце в переліку найважливіших критеріїв конкурентоспроможності товару займає його новизна. Однак створення конкурентоспроможного товару, що немає технічних умов виготовлення, має високу відпускну ціну і знаходиться на стадії пробного маркетингу життєвого циклу є складною задачею.

Нормативні документи, згідно з якими здійснюється випуск продукції, містять вимоги до складу й основних властивостей продукту, що становить ключову цінність товару, однак споживчі очікування формуються в результаті накопичення споживчого ефекту товару в реальному виконанні та його підкріплення, де вирішальну роль відіграє суб'єктивне сприйняття властивостей товару. При покупці споживач серед аналогічних товарів робить вибір такого товару, який задовольняв би його запити найкращим чином, тому для оцінки конкурентоспроможності товару необхідно досліджувати вимоги ринку, тобто потреби найбільш перспективного покупця. Саме на ринку товари в процесі конкуренції між собою виявляють свою відповідність потребам покупця, і для виробника вкрай важливо визначити умовні характеристики прогнозованої потреби якомога точніше, тому важливим є визначення критеріїв оцінки споживчого вибору нового продукту, що створюють комбінацію його властивостей і формують якість.

Для перетворення вимог споживача в параметри якості бажаного ним продукту в параметри процесів застосовуються сім інструментів управління якістю. Ця процедура перетворення вимог споживача отримала назву розгортання функції якості (Quality Function Deployment — QFD) [23].

Для вирішення даної задачі доцільно використовувати первинну інформацію отриману безпосередньо від споживачів. Найбільш доступною та ефективною базою малих виробничих підприємств для опитування споживачів можуть слугувати виставки, в яких дані підприємства беруть участь. Наприклад, Національний комплекс «ЕКСПОЦЕНТР УКРАЇНИ» проводить такі спеціалізовані виставки для підприємств харчової промисловості, як «Нетрадиційна медицина — 2015», «Пасхальна писанка — 2015», «Головна українська

Масляна — 2015» тощо. Виставковий центр «КиївЕкспоПлаза»: «Олійно жирова індустрія 2015», «Міжнародний форум — виставка «Екологічний стандарт якості та безпеки продукції — крок в майбутнє»», «Міжнародна спеціалізована виставка «Fast Food — Індустрія швидкого харчування»», «Зернові технології 2016», «Фрукти. Овочі. Логістика 2016», «Agro animal show 2016», «Тепличне господарство 2016», «Міжнародний форум харчової промисловості та упаковки IFFIP 2016» тощо. Респондентами можуть виступати постійні споживачі продукції підприємства; фізичні особи-підприємці, керівники підприємств харчової промисловості, чиновники.

Враховуючи особливість інформаційної бази, для здійснення збору первинної інформації доцільно використовувати методи письмового анкетування, інтерв'ю та бесіду. Основними питаннями при проведенні збору інформації повинні бути питання, присвячені виявленню основних очікувань споживачів і побажань стосовно покращення продукції. Вибрані методи обумовлені необхідністю отримання найбільш достовірної та повної інформації і вимагають спеціальної кваліфікації залученого персоналу.

Отримані дані слід систематизувати на основі маркетингової моделі споживчої цінності товару [10] та психологічної моделі здійснення споживчих виборів [13]. У результаті буде отримано такі групи: очікування споживачів, що відповідають психологічним стимулам здійснення покупки (табл. 1); характеристики продукції, що відповідають дворівневій моделі споживчої цінності товару (табл. 2).

Таблиця 1. Набір стимулів споживчого вибору і відповідних очікувань споживачів, побудовано за даними [13]

Споживчі стимули	Характеристика очікувань споживачів
Монетарні — стимули, що описують «статичні» економічні характеристики зовнішньої ситуації або об'єкта, пов'язані з мірою грошей (ціна, відносна ціна, тобто дорого або дешево, сума грошей тощо)	Очікування споживачів, що відповідають монетарним споживчим стимулам.
Економічні — стимули, пов'язані з уявленнями індивіда про будь-яку економічну діяльність (купити, заробити тощо)	Очікування споживачів, що відповідають економічним споживчим стимулам.
Індивідуально-психологічні — стимули, пов'язані з особистими переживаннями (відчувати впевненість, відчувати дискомфорт тощо)	Очікування споживачів, що відповідають індивідуально-психологічним споживчим стимулам.
Соціально-психологічні — стимули, пов'язані з відносинами з іншими людьми, близькими або малознайомими (подобатися, зберігати відносини, відчувати перевагу над знайомими тощо)	Очікування споживачів, що відповідають соціально-психологічним споживчим стимулам.

Таблиця 2. Характеристики продукції відповідно до рівня споживчої цінності, побудовано за даними [10]

Рівень споживчої цінності	Характеристика продукції
Фактичний товар (його головні властивості, експлуатаційно-технічні характеристики, що визначають основне призначення продукту)	Характеристики продукції, що формують рівень споживчої цінності фактичного товару.
Оточення товару (те, що робить придбання продукту привабливим для споживача)	Характеристики продукції, що формують рівень споживчої цінності оточення товару.

Окрім різних характеристик самого товару, важливою складовою ринкового успіху є його підтримка, що в сучасних умовах конкуренції перетворюється в реальні очікування споживача. Підтримка товару полягає в організації підприємством спеціальних заходів, спрямованих на обслуговування споживача та надання йому додаткових переваг пов'язаних із використанням товару. Підтримка товару малими виробничими підприємствами харчової промисловості може бути реалізована таким чином:

- створення умов для досяжності продукції (розповсюдження через підприємства роздрібної торгівлі; розповсюдження через участь у виставках та ярмарках; розповсюдження через Інтернет: web-сторінки, додатки для смартфонів тощо);

- всебічна інформаційна підтримка продукту (функціонування інформаційної сторінки в Інтернет; розповсюдження поліграфічних інформаційних листівок і буклетів; реклама в ЗМІ);

- надання усних консультацій (особисте спілкування; спілкування в соціальних мережах; спілкування через засоби телекомунікації: телефонний зв'язок; WhatsApp; Viber, Skype, тощо.);

- підбір індивідуальних споживчих програм та товарних комплексів;

- створення програм лояльності для постійних клієнтів.

Для визначення важливості побажань споживачів доцільно використовувати метод статистичного аналізу й експертної оцінки із застосуванням кваліметричної шкали порядку. За результатами обробки даних для виявлення частоти згадування споживчого очікування здійснюється АВС-аналіз (табл. 3) та будується діаграма Парето.

Таблиця 3. Аналіз даних для побудови діаграми Парето, розроблено автором

Невпорядкований перелік висловлених побажань			Впорядкований перелік за кількістю побажань і накопиченням					
№ з/п	Очікування споживача	Кількість висловлених очікувань	№ в/п	Впорядкована кількість висловлених очікувань	Сума кількості побажань за накопиченням	Відсоток кількості очікувань у загальній сумі	Відсоток кількості очікувань за накопиченням	Група
1	2	3	4	5	6	7	8	9
i	Очікування споживача	x_i	i_j	x_{ij}	$x_{ij} + x_{ij-1}$	$a_j = \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}}$	$a_j + a_{j-1}$	А, В, С

Примітка: з/п — за порядком; в/п — впорядкований перелік; $i = 1..n$ — порядковий номер очікування споживача у невпорядкованому переліку; n — кількість зареєстрованих очікувань споживача; $j = 1..n$ — порядковий номер очікування споживача у впорядкованому переліку.

Використання методу АВС-аналізу дозволяє встановити найбільш істотні очікування споживачів, що визначають купівельну поведінку в найбільшій мірі та потребують особливої уваги з боку менеджменту підприємства. Згідно

з методикою ABC-аналізу, такими очікуваннями є ті, що належать до групи А, та деякі очікування з групи В.

Для остаточного виявлення впливу характеристик продукту та його підтримки на очікування споживачів здійснюється аналіз причинно-наслідкових зв'язків і будується діаграма за методом К. Ісікави [8] (рис. 2).

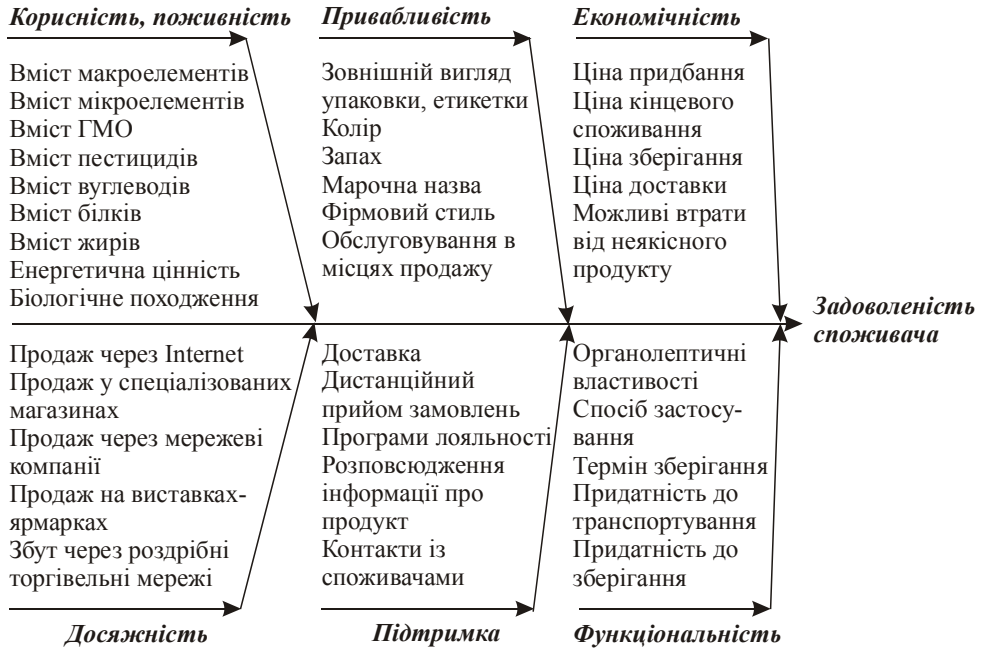


Рис. 2. Цільова діаграма задоволеності споживача для харчової продукції, розроблено автором

Саме виробництво харчової продукції малого підприємства можна представити у вигляді комплексу окремих взаємопов'язаних елементів: санітарний контроль; пожежна безпека; логістика; управління виробничим персоналом; контроль якості; контроль точності; спеціальне виробниче обладнання; спеціальне обладнання для виконання допоміжних операцій.

Відбір взаємопов'язаних характеристик процесу та виробництва здійснюється спеціальною робочою групою, до якої можуть входити технолог, інженер, маркетолог та інші кваліфіковані працівники залежно від особливостей організаційної структури підприємства.

На останньому етапі QFD розгортання функції встановлюється остаточний зв'язок очікувань споживачів з елементами виробництва. Результативні значення пріоритетності окремих елементів виробництва отримані для асортименту продукції виробництва документуються. Узагальнюючий статистичний аналіз показників пріоритетності елементів виробництва доцільно здійснювати окремо для виробничих ліній і товарних груп.

З метою статистичного підтвердження результатів аналізу й отримання загальних висновків здійснено розрахунок варіації (1) значень показників пріоритетності окремих елементів виробництва:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де x_i — значення пріоритетності i -ї складової виробництва за видом

продукції; $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ — середнє значення пріоритетності складової виробництва за вибраною сукупністю показників (виробнича лінія, товарна група);

$f_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \cdot 100\%$ — частота (вага) кожного значення пріоритетності складової

виробництва за вибраною сукупністю показників; $i=1..n$ — порядковий номер елемента виробництва; n — кількість елементів виробництва для

вибраного підприємства; $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}}$ — середньоквадратичне

відхилення значень пріоритетності складової виробництва за вибраною сукупністю показників; v — коефіцієнт варіації середнього квадратичного відхилення значень пріоритетності складової виробництва за видом продукції до середнього рівня значень пріоритетності складової виробництва за вибраною сукупністю показників.

Результати проведеного аналізу для підприємств харчової промисловості узагальнено в табл. 4.

Таблиця 4. Характеристика підприємств харчової промисловості, в яких здійснюється управління якістю продукції на основі методології маркетингу ДІЯ, розроблено автором

Назва підприємства	Кількість працюючих	Торговельна марки	Кількість товарних ліній	Кількість видів продукції
ООО «Подільсктй край», виробництво ПрАТ «Вінницька макаронна фабрика» ЄДРПОУ 30453593	30	1	1	12
ПрАТ «Вінницька харчосмакова фабрика» ЄДРПОУ 30453389	120	4	11	60
Виробництво ТМ «Їжа богатирів»	6	1	4	9

Аналіз варіації пріоритетності показників, що характеризують очікування споживачів, показав доцільність покладення в основу визначення їх важливості, значення накопичувальної пріоритетності для кожної групи споживчих стимулів, яким відповідають дані очікування. При цьому для споживчих очікувань досліджених підприємств, варіація значень показників не перевищує 8 %.

Аналіз варіації пріоритетності показників, що характеризують споживчу цінність продукту, показав доцільність покладення в основу визначення їх важливості, значення накопичувальної пріоритетності для кожної рівня споживчої цінності у вибраній моделі продукту. При цьому для продукції досліджених підприємств варіація значень показників не перевищує 10 %.

Аналіз варіації пріоритетності показників, що характеризують виробництво підприємства, показав доцільність покладення в основу прийняття управлінських рішень щодо оптимізації виробництва за якістю, значення накопичувальної пріоритетності для кожної виробничої лінії або товарної групи. При цьому для виробництв досліджених підприємств варіація значень показників не перевищує 7 %.

Визначення конкретних груп для обчислення накопичувальної пріоритетності при визначенні важливості елементів комплексу маркетингу підприємства, складових елементів продукту, окремих етапів технологічного процесу виготовлення продукції в кожному окремому випадку вимагає додаткового дослідження й обґрунтування. В іншому випадку визначення значень важливості доцільно здійснювати винятково із використанням показників пріоритетності для кожної окремої характеристики.

Висновки

При сумісному аналізі всього асортименту продукції за накопиченими значеннями показників пріоритетності сильно зростає значення коефіцієнта варіації та неоднорідність значень показників пріоритетності елементів виробництва, що викривлює висновки й призводить до недостовірних результатів (більше 80 % для досліджених підприємств). Такі похибки можуть привести до прийняття невірних управлінських рішень, дисбалансу у структурі виробництва, зниженню якості виробничого процесу та продукції. Однак при здійсненні узагальнюючого аналізу показників пріоритетності за різними характеристиками на різних етапах QFD окремо для виробничих ліній і товарних груп можливо досягти прийнятної варіації показників та приймати рішення на основі накопичувальних їх значень.

Результати проведеного дослідження дозволяють досягти цілей TQM через підвищення інформативності показників при розгортанні функції якості й управлінні якістю продукції малих виробничих підприємств. Отримані результати дозволяють вирішити важливі завдання при плануванні якості на підприємстві:

- підвищити надійність прийняття управлінських рішень;
- збільшити економічну ефективність виробництва і реалізації продукції поліпшеної якості.

Впровадження запропонованої методології дозволить:

- запобігати виникненню небезпек в процесі планування якості продукції;
- позбутись небезпечних чинників у процесі планування якості продукції;
- зменшити ризики виробництва неякісної продукції малими виробничими підприємствами харчової промисловості;
- підвищити конкурентоспроможність харчової продукції на міжнародному ринку.

Література

1. *Алимова А.Э.* Качество молочной продукции как ключевой фактор обеспечения ее конкурентоспособности / А.Э. Алимова // Бизнес Информ. — 2012. — № 10. — С. 132—136.
2. *Безнощенко Н.О.* Підвищення якості продукції як чинник зростання конкурентоспроможності машинобудівного підприємства / Н.О. Безнощенко // Вісник соціально-економічних досліджень. 2013. — Вип. 4 (51). — С. 15—22.
3. *Головка М.П.* Удосконалення виробництва та дослідження якості хлібобулочних виробів, збагачених на йод / М.П. Головка, В.В. Полупан, М.П. Бакіров, І.І. Колодій // Технологический аудит и резервы производства. — 2015. — № 3 (23). — С. 26—29.
4. *ДСТУ 4161-2003.* Національний стандарт України. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги. Київ.: Держспоживстандарт України. 2004. — 16 с.
5. *ДСТУ ISO 22000:2007.* Національний стандарт України. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга. Київ.: Держспоживстандарт України. 2007. — 39 с.
6. *ДСТУ ISO 9001:2008.* Національний стандарт України. Системи управління якістю. Вимоги. Київ.: Держспоживстандарт України. 2009. — 34 с.
7. *Захарова Ю.А.* Продакт-менеджмент, или искусство управления товаром. Практическое пособие / Ю.А. Захарова. — М.: Дашков и Ко, 2010. — 128 с.
8. *Исикава К.* Японские методы управления качеством: Сокр. пер. с англ. / К. Исикава. Науч. ред. и авт. предисл. А.В. Гличев. — М.: Экономика, 1988. — 215 с.
9. *Конти Т.* Качество в XXI веке. Роль качества в обеспечении конкурентоспособности и устойчивого развития / Т. Конти, Г. Ватсон, Э. Фукс и др. Научное издание. — М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. — 280 с.
10. *Котлер Ф.* Маркетинг менеджмент. Экспресс курс / Ф. Котлер. — Санкт-Петербург: Питер, 2006. — 464 с.
11. *Кутах К.М.* Впровадження системи управління якістю продукції на підприємствах / К.М. Кутах // Технологический аудит и резервы производства. — 2014. — Том 1, № 5 (15). — С. 24—26.
12. *Лифиц И.М.* Теория и практика оценки конкурентоспособности товаров и услуг. — 2-е изд., доп. и испр. — М.: Юрайт-М, 2001. — 224 с.
13. *Майер Б.О.* Ценностные иерархии потребительских выборов и гендерные различия / Б.О. Майер, А.В. Ткачев // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. — 2011. — № 4. — С. 23—50.
14. *Минин Б.А.* Качество. Как его анализировать? / Б.А. Минин. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 96 с.
15. *Мостова Л.М.* Управління якістю та безпечністю при виробництві кисломолочного сиру оздоровчого призначення / Л.М. Мостова, Т.В. Клузович // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2015. — № 10 (74). — С. 50—57.
16. *Пархоменко В.М.* Економічний аналіз якості продукції: компоненти методики / В.М. Пархоменко // ВІСНИК ЖДТУ. Економічні науки. — 2011. — # 2 (48). — С. 96—10.
17. *Портер М.* Международная конкуренция / М. Портер; пер. с англ. под ред. В.Д. Щетинина. — М.: Междунар. Отношения, 1993. — 896 с.
18. *Тис Д.Дж.* Выявление динамических способностей: природа и микрооснования (устойчивых) результатов компании. // Российский журнал менеджмента. — 2009. — Т. 7. — № 4. — С. 59—108.
19. *Уткіна Ю.Н.* Управління якістю та конкурентоспроможністю продукції підприємства / Ю.Н. Уткіна // Вісник економіки транспорту і промисловості. — 2011. — № 35. — С. 182—186.
20. *Фатхутдинов Р.А.* Конкурентоспособность организации в условиях кризиса: экономика, маркетинг, менеджмент / Р.А. Фатхутдинов. Маркетинг. — М.: Дашков и Со, 2002. — 892 с.
21. *Федулова І.В.* Інноваційний потенціал підприємства / І.В. Федулова, Г.О. Кундєєва. — К.: МЦВ «Медінформ», 2010. — 348 с.

22. Черновська К.О. Формування моделі оцінки контролю якості на машинобудівному підприємстві / К.О. Черновська // Технологический аудит и резервы производства. — 2012. — №2 (8). — С. 13—14.

23. Akao Y. New Product Development and Quality Assurance — Quality Deployment System / Y. Akao // Standardization and Quality Control. — Vol. 25, # 4. — 1972. — P. 7—14.

24. Eisenhardt K.M. Making fast strategic decisions in high-velocity environments // Academy of Management Journal. — 1989. — Vol. 32, # 3. — P. 543—576.

25. Scott V.N. HACCP — A Systematic Approach to Food Safety [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.qmii.com/content/downloads/recipe-for-safe-food-iso-22000-and-haccp.pdf>.

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ: ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ В МАЛЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В.В. Луцяк

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены вопросы обеспечения качества продукции малых производственных предприятий пищевой промышленности сквозь призму ее конкурентоспособности путем планирования качества продукции, полученной в результате комплексного использования сырья, на основе развития динамических способностей, использования инновационного потенциала и развертывания функции качества. Результаты основаны на обеспечении принципов Hazard analysis and critical control point, целей Total Quality Management и требований ISO 9001.

Ключевые слова: *пищевые продукты, конкурентоспособность, качество, управления, планирования, развертывание функции качества.*

MATHEMATICAL MODEL AND MACHINE CALCULATION ALGORITHM OF TUNELL BAKING OVEN'S HEAT EXCHANGE SUBSYSTEM

S. Dudko

National University of Food Technologies

Key words:

*Tunnel oven
Cyclothermic system
Recycle ratio
Heating channel
Combustion gas enthalpy
Air excess coefficient
Calculation algorithm*

Article history:

Received 02.11.2015
Received in revised form
16.11.2015
Accepted 23.12.2015

Corresponding author:

S. Dudko
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

A new method of machine calculation of heat transfer subsystem for tunnel baking oven with cyclothermic heating system was developed in this study. The analysis of previously published engineering methods for calculating the same ovens was conducted. The main errors and inaccuracies of mathematical models of these methods were pointed out. The more precise mathematical model was offered, as well as the different calculation algorithm, in which firstly the heat exchange subsystem is calculated and then the heating system as a whole. As a result, it gives the opportunity to reduce the amount of source data which is given a priori; in particular, the value of the temperature of combustion gases after the baking chamber heating. The new method increases the accuracy of calculations and enables the use of simulation when designing the new ovens.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І АЛГОРИТМ МАШИННОГО РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОБМІННОЇ ПІДСИСТЕМИ ТУНЕЛЬНОЇ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ПЕЧІ

С.Д. Дудко

Національний університет харчових технологій

У статті розроблено нову методіку машинного розрахунку теплообмінної підсистеми тунельної хлібопекарської печі з циклотермічною нагрівною системою. Зроблено аналіз раніше опублікованих інженерних методик розрахунку аналогічних печей. Показано основні помилки й неточності математичних моделей, на яких базуються ці методіки. Запропоновано уточнену математичну модель, а також алгоритм розрахунку, при якому спочатку розраховується підсистема теплообміну, потім нагрівна система в цілому. В підсумку це надає можливість зменшити кількість вихідних даних, що задаються априорі, зокрема значення температури димових газів після обігріву пекарної камери. Нова методика дозволяє підвищити точність розрахунків, що сприятиме застосування імітаційного моделювання при проектуванні нових конструкцій печей.

Ключові слова: тунельна піч, циклотермічна система, коефіцієнт рециркуляції, ентальпій димових газів, коефіцієнт надлишку повітря, алгоритм розрахунку.

Постановка проблеми. Існуючі математичні моделі та відповідні методики розрахунку теплопередачі в хлібопекарських печах з циклотермічною нагрівною системою (з рециркуляцією димових газів), як і інших теплообмінних апаратів, передбачають визначення параметрів теплового режиму випікання й конструктивних рішень теплообмінних пристроїв печей на основі середніх значень температур і теплових потоків у межах теплової зони печі. Під тепловою зоною розуміють частину агрегата, що простягається від місця вводу теплоносія у теплообмінний пристрій до місця його виходу з нього. Такий підхід дозволяє виконувати розрахунки кількості переданої теплоти в теплових зонах і пічному агрегаті в цілому, розраховувати загальну витрату палива та інші величини. Сучасна тунельна хлібопекарська піч є складною динамічною системою з фізично існуючим зворотним зв'язком у вигляді рециркуляційного потоку димових газів. Цей факт накладає відбиток і на математичну модель, суттєво ускладнюючи її. Описані в літературі методики теплового розрахунку тунельної печі малоприменні для проведення комп'ютерного моделювання, що має імітувати стан печі при маніпулюванні вихідними даними та передувати розробленню нових, більш досконалих конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На пострадянському просторі використовують переважно дві методики розрахунку печей — умовно «київської» та «московської» шкіл. Їх аналіз стосовно адекватності фізичним процесам і пристосованості для імітаційного моделювання стану нагрівної системи надає можливість зробити такі висновки: методика [1, 2] реалізує спрощену математичну модель і демонструється на конкретному прикладі розрахунку печі, який повторюється в трьох інших літературних джерелах у незмінному вигляді. Вона передбачає використання великої кількості взаємопов'язаних параметрів, значення яких беруться з результатів замірів, виконаних при теплотехнічних випробовуваннях печей. Виконання розрахунків вимагає віднесення до числа вихідних даних значень коефіцієнта витрати повітря в характерних точках газового тракту: у топці α_t , камері змішування α_{mix} , на вході в канали α_{in} , на виході з них α_{out} , у викидних газах α_{off} . Такий підхід є невиправданим, оскільки з упевненістю можна вести мову лише про фіксоване значення α_t (не пов'язане з режимом роботи теплообмінної підсистеми, а визначається лише умовами спалювання палива в топці). З певною мірою ймовірності можливо буде прогнозувати значення α_{off} після розроблення методики визначення показника газопроникності нагрівної системи печі. Всі решта значень α на початку розрахунку є невідомими, оскільки залежать від коефіцієнта рециркуляції, який є аргументом системи рівнянь, що складають математичну модель печі в цілому, тому на початковому етапі розрахунку об'єм печі також невідомий. Іншою особливістю цієї методики є те, що розрахунки об'єму й ентальпії димових газів на ділянці від камери змішування до вентилятора рециркуляції виконуються не на одиницю, а на $(1+r)$ одиниць витрати палива, тому $I-t$ діаграма при обчисленнях не використовується. Отримані при обчисленнях результати нормуються

(приводяться до одиниці палива), після чого робиться посилення до $I-t$ діаграми. Тобто діаграма використовується не як інструмент розрахунку, а як данина певній традиції. Деякі значення важливих величин, що використовуються в розрахунках, нічим не обґрунтовані і супроводжуються словами «за попередніми розрахунками...» (наприклад, витрата газів у нижньому каналі першої теплової зони, [1, с. 236]). Причиною цього, на нашу думку, є необхідність узгодження між собою результатів обчислень в умовах, коли сумарна об'ємна витрата газів у каналах розрахована авторами за хибною формулою [1, с. 231]:

$$\bar{V} = B \left\{ \left[V_g^0 + V^0 (\bar{\alpha} - 1) \right] + r \left[V_g^0 + V^0 (\alpha_{off} - 1) \right] \right\}, \quad (1)$$

де B — витрата палива (природного газу), $\text{м}^3/\text{с}$; $\bar{\alpha}$ — середнє значення коефіцієнта надлишку повітря в каналах печі; r — коефіцієнт рециркуляції газів; V_g^0 — теоретичний об'єм продуктів згорання на одиницю палива, $\text{м}^3/\text{м}^3$; V^0 — теоретичний об'єм повітря, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

За задумом авторів фізичний зміст цієї формули такий: перший доданок у правій частині відображає середню витрату димових газів у каналах без урахування рециркуляційного потоку, другий — це секундний об'єм рециркуляційних газів. Помилковість такого міркування полягає в тому, що насправді середнє значення коефіцієнта надлишку повітря в каналах уже враховує частку повітря, що міститься у рециркуляційному потоці.

Методика [3] дозволяє полегшити розрахунки газової сторони печі в ручному режимі, у тому числі шляхом ітерацій завдяки широкому використанню графічних методів, зокрема $I-t$ діаграми та допоміжних номограм. Відмінністю від методики київської школи є цілком виправданий алгоритм знаходження коефіцієнта витрати повітря у камері змішування — лише після визначення коефіцієнта рециркуляції замість його встановлення апріорі у вихідних даних теплового розрахунку.

Спільним недоліком обох методик є потреба попередньо задаватися значенням температури викидних газів, виходячи з «практики експлуатації подібних печей». Слід зазначити, що температура викидних газів є складною функцією багатьох наперед невідомих параметрів. Очевидно також, що при розробленні принципово нової печі таку рекомендацію втілити неможливо.

Ще одним недоліком зазначених методик є некоректне визначення середньої витрати димових газів у нагрівному каналі, від значення якої залежить розрахункова швидкість потоку, а від неї — режим руху теплоносія й теплопередача в каналі. Методика [1, 2] передбачає визначення середнього значення витрати теплоносія пропорційно тепловому навантаженню на канал (з деякими ремарками). У [3, с. 162] середня витрата газів у j -му каналі визначається із рівняння теплового балансу каналу, кВт:

$$Q_j = a_j B (1 + r) \left[I_{in}^0 + I_{a.c}^0 - I_{out}^0 \right], \quad (2)$$

де a_j — коефіцієнт, який трактують як частку потоку газів, що надходять до j -го каналу; I_{in}^0 — умовна (на одиницю палива) ентальпія димових газів на

вході в канали, кДж/м^3 ; $I_{a.c}^0$ — умовна ентальпія підсмоктаного до каналів повітря, кДж/м^3 ; I_{out}^0 — умовна ентальпія газів на виході з каналів, кДж/м^3 .

Автори застерігають, що використовувати цю формулу можливо, якщо температура димових газів на виході з каналів відрізняється несуттєво. Водночас, інших варіантів для розрахунку середньої витрати газів у каналах вони не пропонують.

Варто зауважити, що в наведеному рівнянні балансу теплоти a_j є коефіцієнтом пропорційності лівої і правої частин (витрати теплоти в одиницю часу), тому трактування a_j як частки об'ємної витрати газів, спрямованих у канал, відносно загального секундного об'єму газів не виправдане. Такий запис є надміру спрощеним, рівняння загалом неадекватно відображає фізичну картину і стає причиною великих похибок при розрахунках.

Більш точно рівняння теплового балансу каналу має записуватися так, кВт:

$$Q_j = B(1+r) \left[a_j I_{in}^0 + c_j I_{a.c.,j}^0 - b_j I_{out}^0 \right], \quad (3)$$

де a_j — частка фізичної теплоти газів на вході в j -й канал відносно сумарної теплоти газів перед входом в усі канали. Оскільки температура і питома ентальпія газів на вході для всіх каналів зазвичай практично однакова, a_j можна трактувати водночас і як частку від загальної витрати газів перед каналами:

$$a_j = \frac{V_{in,j}}{\sum V_{in,j}}.$$

Слід зазначити, що b_j — частка фізичної теплоти газів на виході з каналу відносно теплоти в точці злиття газів. Ця частка жодним чином не відображає співвідношення між об'ємними витратами, оскільки температура газів і їх питома ентальпія після обігріву каналів суттєво різні. c_j — частка фізичної теплоти підсмоктаного повітря в каналі відносно сумарної її кількості в усіх каналах. Оскільки температура зовнішнього повітря однакова для всіх каналів, c_j можливо трактувати і як частку витрати повітря, що проникло в канал, відносно загальної його витрати в усі канали. Ця частка є пропорційною локальній газопроникності каналу. Наразі фізичний зміст і математичний вираз газопроникності до кінця не з'ясовано, тому для спрощення аналізу зробимо припущення, що кількість підсмоктаного повітря пропорційна витраті газів на вході в канал. Тоді можна записати, що $c_j = a_j$, а рівняння (3) матиме такий вигляд:

$$Q_j = B(1+r) \left\{ a_j \left[V_{in}^0(ct)_{in} + V^0(ct)_a (\alpha_{out} - \alpha_{in}) \right] - b_j V_{out}^0 (\bar{ct})_{out} \right\}, \quad (4)$$

де V_{in}^0 , V_{out}^0 — об'єм димових газів (на одиницю палива) на вході і виході каналів, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $(ct)_{in}$, $(\bar{ct})_{out}$ — відповідно фізична ентальпія газів на вході в

канали і на виході з них після змішування (фактично у місці злиття потоків перед вентилятором рециркуляції), кДж/м^3 ; $(ct)_a$ — фізична ентальпія підсмоктаного повітря, кДж/м^3 .

Аналізуючи рівняння (4) можна зробити висновок, що коефіцієнти a_j і b_j мають різну фізичну природу і, як показують розрахунки, різні числові значення, тому об'єднувати їх в один коефіцієнт, як це зроблено в рівнянні (2), недоречно.

Рівняння (4) можна представити в іншому виді, виразивши кількість теплоти на виході каналу через ентальпію газів:

$$Q_j = B(1+r) \left\{ a_j \left[V_{in}^0(ct)_{in} + V^0(ct)_a (\alpha_{out} - \alpha_{in}) \right] - f_j V_{out}^0(ct)_{out,j} \right\}, \quad (5)$$

де $(ct)_{out,j}$ — фізична ентальпія газів на виході з каналу, кДж/м^3 ; f_j — частка газів на виході з каналу відносно сумарної витрати газів на виході з усіх каналів.

Деякими авторами робилися спроби моделювання режимів роботи печей або окремих їх систем.

При спробі імітаційного моделювання на ЕОМ за програмою, що побудована на використанні методики [1, 2], авторами [4] отримані результати, що суперечать закону збереження енергії. Зростання теплотворної здатності палива у досить широкому діапазоні значень призводить до збільшення його витрати при незмінних параметрах стану печі. Пояснення такого результату автори не наводять.

У [5] наведені результати моделювання теплового режиму шляхом зміни витрати і температури димових газів у плоскому каналі печі при різних фіксованих значеннях теплового навантаження. В координатах швидкість-температура газів отримано сімейство кривих, кожна з яких відповідає певному значенню кількості переданої робочою стінкою теплоти. Ця модель оперує локальними значеннями температури і швидкості газів на вході, на виході каналу та середнього їх значення і не передбачає врахування стану нагрівної системи печі в цілому, тобто питання щодо рециркуляції чи, натомість, повного видалення газів при розрахунку каналів до уваги не береться. Іншими словами, тепловий розрахунок окремого каналу можливо виконати і без визначення коефіцієнта рециркуляції.

Такий підхід є більш адаптованим для потреб імітаційного моделювання і може бути частиною методики теплового розрахунку печі, хоча математична модель каналу [6], за якою проводилися розрахунки, містить помилку — при визначенні теплового потоку через робочу стінку каналу кількість теплоти віднесена до площі перерізу самого каналу замість площі стінки, тому наведені в дослідженні результати є практично малоприматними.

Метою дослідження є уточнення математичної моделі теплообмінної підсистеми тунельної хлібопекарської печі з циклотермічною нагрівною системою та розроблення алгоритму розрахунку, адаптованого для потреб імітаційного моделювання теплового стану печі.

Викладення основних результатів. Розрахунок виконується у два етапи. На першому етапі виконується приблизний розрахунок, на другому — відбу-

вається багаторазове уточнення невідомих величин і параметрів з отриманням у підсумку дійсних їх значень.

До числа вихідних даних, які не змінюються протягом розрахунку, відносяться: геометричні розміри каналу (l — довжина, b — ширина, h — висота); ступінь чорноти робочої (спільної з пекарною камерою) та протилежної їй (відбивної) стінок каналу a_p , $a_{\text{вд}}$; кількість теплоти, що має бути передана каналом в одиницю часу Q_j відповідно до раціонального режиму випікання заданого асортименту виробів і середня температура робочої стінки каналу t_p , яка береться із розрахунку теплообміну в пекарній камері; коефіцієнт надлишку повітря у топці та викидних газах α_b , α_{off} ; температура димових газів у камері змішування t_{mix} .

На першому етапі розрахунку попередньо задаються температурою газів на вході в канали t_{in} (на кілька градусів нижче, ніж у камері змішування), а також такі величини: середня температура газів у каналі \bar{t} ; значення коефіцієнта надлишку повітря у камері змішування α_{mix} , на вході в канали α_{in} , на виході з них α_{out} , обчислюється середнє значення в каналах: $\bar{\alpha} = (\alpha_{\text{in}} + \alpha_{\text{out}}) / 2$. Середня температура та коефіцієнти надлишку повітря підлягають корегуванню в ході розрахунку печі, тому точність попередньо заданих значень несуттєва.

Розраховується еквівалентний діаметр прямокутного каналу:

$$d = 2hb / (h + b).$$

Вміст повітря у димових газах розраховується за такою формулою:

$$x_i = \frac{V^0(\alpha_i - 1)}{V_g^0 + V^0(\alpha_i - 1)}, \quad (6)$$

де індекс i означає відповідне місце — на вході, на виході або середина каналу.

Питома теплоємність димових газів залежить від їх складу і температури. Згідно із [7], для димових газів, утворених при згоранні природного газу, її можна розраховувати з достатньою точністю за емпіричною формулою (в кДж/м³К):

$$c_i = (1 - x_i)(1,381 + 1,693 \cdot 10^{-4} \cdot t_i) + x_i(1,31 + 1,181 \cdot 10^{-4} \cdot t_i). \quad (7)$$

Розрахунок виконується у такій послідовності:

1. Температура газів на виході з каналу, °С:

$$t_{\text{out}} = 2\bar{t} - t_{\text{in}}.$$

2. Фізична ентальпія газів, кДж/м³, з урахуванням формули (7) на вході визначається за формулою:

$$(ct)_{\text{in}} = t_{\text{in}} \left[(1 - x_{\text{in}})(1,381 + 1,693t_{\text{in}} \cdot 10^{-4}) + x_{\text{in}}(1,31 + 1,181t_{\text{in}} \cdot 10^{-4}) \right].$$

На виході:

$$(ct)_{\text{out}} = t_{\text{out}} \left[(1 - x_{\text{out}})(1,381 + 1,693t_{\text{out}} \cdot 10^{-4}) + x_{\text{out}}(1,31 + 1,181t_{\text{out}} \cdot 10^{-4}) \right].$$

3. Середнє значення об'ємної витрати газів у каналі, приведене до нормальних умов, у першому наближенні розраховується з теплового балансу герметичного каналу за формулою, м³/с:

$$\bar{V}_j = \frac{Q_j}{(ct)_{in} - (ct)_{out}}. \quad (8)$$

4. Середня швидкість газів у каналі, м/с:

$$w_j = \frac{\bar{V}_j (\bar{t} + 237)}{237bh}. \quad (9)$$

5. Фізичні параметри теплоносія (кінематична в'язкість газів ν , м²/с; коефіцієнт теплопровідності газів λ , Вт/мК; число Прандтля Pr) розраховуються при середній температурі газів за відомими емпіричними формулами.

6. Розраховується число Рейнольдса і встановлюється режим течії газів у каналі.

7. Відповідно до режиму течії розраховується коефіцієнт конвективної тепловіддачі α_k , Вт/м²К.

У каналах печі значна кількість теплоти передається робочій стінці випромінюванням від теплоносія, у складі якого знаходяться трьохатомні гази і водяна пара, а також випромінюванням більш нагрітої протилежної стінки. Оскільки теплообмін випромінюванням є складним фізичним процесом, спочатку розглянемо основні рівняння його математичної моделі.

Кількість теплоти, що передається випромінюванням газу на одиницю поверхні за одиницю часу має вигляд [8], Вт/м²:

$$q = a'_n C_0 \left[a_r (0,01\bar{T})^4 - A_r^{(cr)} (0,01T_n)^4 \right],$$

де a'_n — ефективний ступінь чорноти поверхні стінки; $C_0=5,67$ — коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт/м²К⁴; a_r — коефіцієнт випромінювання газу при його власній температурі; $A_r^{(cr)}$ — поглинальна здатність газу при температурі стінки; T_n — температура поверхні, К.

Ефективний ступінь чорноти стінки вищий за її дійсне значення, оскільки стінка не лише випромінює, але й відбиває частину випромінювання газу та протилежної стінки. Автори пропонують розраховувати її за формулою:

$$a'_n = a_n \left[1 + (1 - a_n)(1 - a_r) \right],$$

де a_n — дійсний ступінь чорноти стінки.

Водночас при $a_n=0,7 \dots 1,0$ можливо скористатися іншою формулою [9, с. 195]:

$$a'_n = 0,5(1 + a_n).$$

При $T_c / \bar{T} \leq 0,8$ (як це відбувається в каналах хлібопекарських печей) можна прийняти, що $A_r^{(cr)} \approx a_r^{(cr)}$, тобто поглинальну здатність можна замінити коефіцієнтом випромінювання, взятому при температурі стінки.

При радіаційному теплообміні двох стінок через шар недіатермічного газу використовують приведений коефіцієнт випромінювання системи. Для паралельних стінок він розраховується за формулою:

$$a_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{a_{\text{вд}}} + \frac{1}{a_{\text{р}}} - 1}.$$

З урахуванням сказаного вище рівняння теплового балансу робочої стінки каналу матиме вигляд, Вт/м²:

$$q = a_{\text{пр}} C_0 \left[\begin{array}{l} (0,01T_{\text{вд}})^4 (1 - a_{\text{г}}^{\text{вд}}) - \\ - (0,01T_{\text{р}})^4 (1 - a_{\text{г}}^{\text{р}}) \end{array} \right] + (\alpha_{\text{к}} + \beta_{\text{р}})(\bar{T} - T_{\text{р}}), \quad (10)$$

де $\beta_{\text{р}}$ — коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням газів на робочу стінку; $a_{\text{г}}^{\text{вд}}$ — коефіцієнт випромінювання газів при температурі відбивної стінки; $a_{\text{г}}^{\text{р}}$ — те саме робочої стінки.

У рівнянні (10) ліва частина — тепловий потік, що передається робочою стінкою в пекарню камеру. У правій частині: перший доданок — тепловий потік випромінюванням протилежної (відбивної) стінки на робочу стінку з урахуванням часткового поглинання випромінювання шаром газу; другий доданок — тепловий потік конвекцією і випромінюванням газів на робочу стінку.

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням газів на робочу стінку розраховується за формулою [2]:

$$\beta_{\text{р}} = 5,67 \frac{a_{\text{р}} + 1}{2} 10^{-8} a_{\text{г}} (\bar{T})^3 \frac{1 - (T_{\text{р}} / \bar{T})^{3,5}}{1 - T_{\text{р}} / \bar{T}}. \quad (11)$$

Тепер розглянемо розрахункові формули, за якими обчислюються невідомі величини у рівняннях теплообміну випромінюванням.

Коефіцієнт випромінювання газів розраховується за формулою, що випливає із закону Бугера:

$$a_{\text{г}} = 1 - \exp(-kpS),$$

де k — коефіцієнт ослаблення випромінювання газовою фазою продуктів згорання; p — тиск димових газів (абсолютний), МПа; S — ефективна товщина випромінюючого шару газу, м; при співвідношенні ширини каналу до його висоти $b/h \geq 40$, що є характерним для сучасних циклотермічних печей, ефективну товщину можна розрахувати як для шару товщиною h нескінченної протяжності за формулою $S=1,8h$.

Коефіцієнт ослаблення випромінювання для суміші трьохатомних газів і водяної пари визначається за емпіричною формулою [10]:

$$k = \left(\frac{7,8 + 16r_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{10pr_{\text{см}}S}} - 1 \right) \left(1 - 0,37 \frac{T}{1000} \right) r_{\text{см}},$$

де $r_{\text{см}} = r_{\text{RO}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}}$ — об'ємна частка суміші випромінюючих газів у димових газах.

Наведені формули дають прийнятну похибку при $T > 750$ К, однак у каналах печей з рециркуляцією газів температура може бути і суттєво нижчою, тому для значень $573 \text{ К} < T < 823 \text{ К}$ у вираз коефіцієнта ослаблення випромінювання вводиться поправка [11] і формула набуває вигляду:

$$k = (0,832 + 1,2S) \left(\frac{7,8 + 16r_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{10pr_{\text{см}}S}} - 1 \right) \left(1 - 0,37 \frac{T}{1000} \right) r_{\text{см}}. \quad (12)$$

У теплообміні випромінюванням беруть участь лише трьохатомні гази і водяна пара. Для опису теплообміну в каналах важливо визначити вміст випромінюючих газів при середніх значеннях температури і надлишку повітря в каналах. З урахуванням вологи, що міститься у повітрі, яке потрапляє до нагрівної системи внаслідок підсмоктування ззовні, розраховується вміст випромінюючих газів у каналах:

$$R_{\text{RO}_2} = \frac{V_{\text{RO}_2}^0}{V_2^0 + V^0(\bar{\alpha} - 1)}, \quad R_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_2^0 + V^0(\bar{\alpha} - 1)},$$

де $V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0,0161V^0(\bar{\alpha} - 1)$, $R = R_{\text{RO}_2} + R_{\text{H}_2\text{O}}$.

8. Коефіцієнт випромінювання газів при середній температурі робочої стінки каналу:

$$a_{\text{г}}^{\text{р}} = 1 - \exp \left[-R(0,832 - 2,16h) \left(\frac{7,8 + 16R_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{1,8hR}} - 1 \right) (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} T_{\text{р}}) 0,18h \right]. \quad (13)$$

9. Коефіцієнт випромінювання при середній температурі газів у каналі:

$$a_{\text{г}} = 1 - \exp \left[-R(0,832 - 2,16h) \left(\frac{7,8 + 16R_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{1,8hR}} - 1 \right) (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} \bar{T}) 0,18h \right]. \quad (14)$$

10. Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням газів на робочу стінку $\beta_{\text{р}}$ розраховується згідно з виразом (11).

Із рівняння (10) можна отримати вираз для розрахунку середньої температури відбивної стінки. Разом з виразом для коефіцієнта випромінювання газів при температурі відбивної стінки матимемо систему двох нелінійних рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} T_{\text{вд}} = 100 \sqrt[4]{\frac{(1 - a_{\text{г}}^{\text{р}})(0,01T_{\text{р}})^4 + \frac{10^3 Q_j / bl - (\alpha_{\text{к}} + \beta_{\text{р}})(\bar{T} - T_{\text{р}})}{C_0 a_{\text{нр}}}}{1 - a_2^{\text{сд}}}} \\ a_{\text{г}}^{\text{вд}} = 1 - \exp \left[-r_{\text{см}} (0,832 - 2,16h) \left(\frac{7,8 + 16r_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{r_{\text{см}}S}} - 1 \right) (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} T_{\text{вд}}) 0,18h \right] \end{cases} \quad (15)$$

11. Розв'язуємо систему (15) відносно $T_{вд}$ і $a_r^{вд}$.

Рівняння теплового балансу відбивної стінки за умови відсутності втрат теплоти через теплоізоляцію печі має вигляд:

$$(\alpha_k + \beta_{вд})(\bar{t} - t_{вд}) = C_0 a_{пр} \left[(1 - a_r^{вд})(0,01T_{вд})^4 - (1 - a_r^p)(0,01T_p)^4 \right]. \quad (16)$$

У лівій частині рівняння (16) — кількість теплоти, що віддається стінці випромінюванням газів і конвекцією, в правій — кількість теплоти, що випромінюється відбивною стінкою на робочу стінку через шар газу.

12. Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням газів на відбивну стінку:

$$\beta_{вд} = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{a_{вд} + 1}{2} a_r (\bar{T}_в)^3 \frac{1 - (T_{вд}/\bar{T})^{3,5}}{1 - T_{вд}/\bar{T}}. \quad (17)$$

13. Після підстановки значення $\beta_{вд}$ із виразу (17) у рівняння (16) і враховуючи, що $\bar{t} = (t_{in} + t_{out})/2$, отримуємо вираз для обчислення нового значення температури газів на виході з каналу:

$$t_{out} = \frac{2 \cdot 5,67 a_{пр} \left[(0,01T_{вд})^4 (1 - a_r^{вд}) - (0,01T_p)^4 (1 - a_r^p) \right]}{\alpha_k + \beta_{вд}} + 2(T_{вд} - 273) - t_{in}. \quad (18)$$

Отримане значення температури порівнюється із розрахованим у п. 1, корегується значення \bar{t} і весь розрахунок повторюється до збігу розрахованих у п.1 та п.13 значень t_{out} з необхідною точністю. Аналогічно виконується розрахунок усіх інших каналів. На цьому розрахунок теплообмінної підсистеми завершується. Його результатом є значення температури газів на виході з усіх каналів та їх об'ємної витрати згідно з (8), за якими визначається ентальпія суміші відпрацьованих газів перед вентилятором рециркуляції. Ці величини є вихідними даними для повного теплового розрахунку печі.

Висновки

Існуючі методики розрахунку циклотермічних печей малопридатні для імітаційного моделювання роботи хлібопекарської печі через такі причини: застосування графічних методів розв'язання рівнянь і визначення величин; необхідність віднесення до числа вихідних даних значення температури викидних газів, яку на практиці передбачити важко; хиби у математичних моделях. Ці моделі передбачають визначення витрати теплоносія в каналі на основі рівняння теплового балансу каналу, що методологічно невиправдано, та містять розрахункові рівняння, що невірно відображають фізичний зміст. Точність розрахунків за цими моделями не відповідає вимогам, що диктуються потребами імітаційного моделювання теплового стану печі.

Показана принципова можливість і доцільність зміни порядку розрахунку печі — від розрахунку теплообмінної підсистеми до розрахунку циклотермічної системи в цілому, а не навпаки, як це передбачається зазначеними методиками.

Наведена методика розрахунку теплообмінної підсистеми печі, яка потребує меншої кількості апріорних вихідних даних і орієнтована на застосування

сучасних комп'ютерних засобів, що дає змогу виконувати імітаційне моделювання різних теплових станів.

Література

1. *Михелев А.А.* Практикум по курсу «Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства»: [учебное пособие для студентов вузов] / А.А. Михелев, А.В. Володарский. — М.: Пищевая пром-сть, 1974. — 288 с.
2. *Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства:* [учебник для вузов] А.А. Михелев, Н.М. Ицкович, М.Н. Сигал, А.В. Володарский. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Пищевая пром-сть, 1979. — 326 с.
3. *Маклюков И.И.* Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства: [учебник для вузов пищевой пром-сти] / И.И. Маклюков, В.И. Маклюков. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 272 с.
4. *Володарський А.В.* Влияние переменных параметров работы хлебопекарных печей на их характеристики [Текст] / А.В. Володарський, В.М. Хряпа, М.Н. Сигал, В.А. Журавовский // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1987. — № 7. — С. 39—43.
5. *Никончук В.И.* Методика расчета греющего канала хлебопекарной печи [Текст] / В.И. Никончук, А.А. Корчинский, А.Т. Лисовенко, Л.Ф. Мартынов // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1984. — № 12. — С. 22.
6. *Никончук В.И.* Интенсификация процессов гигротермической обработки и выпечки в многоярусных хлебопекарных печах [Текст]: Дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / В.И. Никончук; Киевский технологический институт пищевой промышленности. — К., 1984. — 203 с.
7. *Брызун В.А.* Новый подход к определению энтальпии и температуры продуктов сгорания [Текст] / В.А. Брызун // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1987. — № 7. — С. 19—20.
8. *Мухачев Г.А.* Термодинамика и теплопередача: [Текст] [Учебник для авиац. вузов. — 3-е изд., перераб.] / Г.А. Мухачев, В.К. Шукин. — М.: Высш. школа, 1991. — 480 с.
9. *Теплотехнический справочник* [Текст] / Под общ. ред. Н.В. Юренева и П.Д. Лебедева: в 2-х т. Т. 2. — М.: Энергия, 1976. — 896 с.
10. *Тепловой расчет котлов (нормативный метод)* [Текст]. — 3-е изд. перераб. и доп. — СПб.: ВТИ, НПО ЦКТИ, 1998. — 257 с.
11. *Дудко С.Д.* Розрахунок коефіцієнта теплового випромінювання димових газів у каналі печі з циклотермічною нагрівною системою [Текст] / С.Д. Дудко // Харчова промисловість. — 2014. — Вип. 15. — С. 165—169.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ МАШИННОГО РАСЧЕТА ПОДСИСТЕМЫ ТЕПЛООБМЕНА ТУННЕЛЬНОЙ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ

С.Д. Дудко

Национальный университет пищевых технологий

В статье разработана новая методика машинного расчета подсистемы теплообмена туннельной хлебопекарной печи с циклотермической нагревательной системой. Выполнен анализ ранее опубликованных инженерных методик расчета аналогичных печей, на которых базируются эти методики. Предложена уточненная математическая модель, а также алгоритм расчета, при котором вначале рассчитывается подсистема теплообмена,

потом нагревательная система в целом. В итоге это дает возможность уменьшить количество исходных данных, заданных априори, в частности значения температуры дымовых газов после обогрева пекарной камеры. Новая методика дает возможность повысить точность расчетов, что позволит применять имитационное моделирование при проектировании новых печей.

Ключевые слова: туннельная печь, циклотермическая система, коэффициент рециркуляции, энтальпия дымовых газов, коэффициент избытка воздуха, алгоритм расчета.

УДК 664.621.5

DYNAMIC PREDICTION OF LEVEL AND SPEED OF TEMPERATURE INCREASE OF A DAMAGED KNOT OF TURBOGENERATOR

O. Mazurenko, V. Samsonov

National University of Food Technologies

L. Vorobiev

Institute of Technical Thermophysics of NAS of Ukraine

Key words:

*Turbogenerator
Managing the
development of defect
Degree of danger
Dynamic prediction
Multiple approximation*

Article history:

Received 09.11.2015

Received in revised form
28.11.2015

Accepted 18.12.2015

Corresponding author:

O. Mazurenko

E-mail:

npuft@ukr.net

ABSTRACT

The extension of reliable work of domestic turbogenerators, which have almost fully exceeded their safe usage date, is very important for technical diagnostics of the thermal state of turbogenerator. However, their disadvantage is that they tend to influence the occurrence of the defect, do not provide hazard assessment of arising defects, and do not monitor their development over time. The proposed method of dynamic prediction of the law of increasing the temperature of the damaged turbine generator unit provides the ability to manage the development of the defects of turbine generator and is the basis for improving the information technology for diagnostics of the thermal state of stator and other basic knots of turbogenerators.

ОПЕРАТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ І ШВИДКОСТІ ЗБІЛЬШЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОШКОДЖЕНОГО ВУЗЛА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

О.О. Мазуренко, В.В. Самсонов

Національний університет харчових технологій

Л.І. Воробйов

Інститут технічної теплофізики НАН України

Інформаційним технологіям технічної діагностики теплового стану турбогенератора належить вирішальна роль у продовженні надійної роботи вітчизняних турбогенераторів, які майже повністю відпрацювали свій проектний ресурс. Але їх недоліком є те, що вони, як правило, реагують на виникнення дефекту і не надають оцінки небезпеки розвитку дефекту, що виник, а також не відстежують його розвиток в часі. Запропонований метод оперативного прогнозування закону збільшення температури пошкодженого вузла турбогенератора забезпечує можливість управління розвитком дефекту турбогенератора і є основою для вдосконалення інформаційної технології діагностики теплового стану статора та інших основних вузлів турбогенератора.

Ключові слова: турбогенератор, управління розвитком дефекту, ступінь небезпеки, оперативне прогнозування, багатоваріантна апроксимація.

Постановка проблеми. Для керування розвитком дефекту і прийняття заходів з недопущення аварійної ситуації важливо якомога швидше встановити вид і місце виникнення дефекту, спрогнозувати рівень, до якого може збільшуватися температура пошкодженого вузла, і час досягнення гранично допустимого рівня температури.

З аналізу результатів експериментальних і аналітичних досліджень процесів нагрівання електричних машин [1] випливає, що збільшення температури машини у часі відбувається за експонентою. Разом з тим, враховуючі різноманітність видів і комбінацій дефектів, які можуть виникнути при експлуатації електричної машини і впливати на її тепловий стан, важко передбачити закономірність і рівень збільшення температури дефектного вузла.

Мета дослідження. Вдосконалення інформаційних технологій технічної діагностики теплового стану турбогенератора.

Матеріали і методи. Збільшення температури будь-якого з вузлів турбогенераторів ТГ, враховуючі різноманітність видів і комбінацій дефектів, можна характеризувати кривою 1 (рис. 1), ділянки якої відрізняються між собою за швидкістю зміни температури у часі [2].

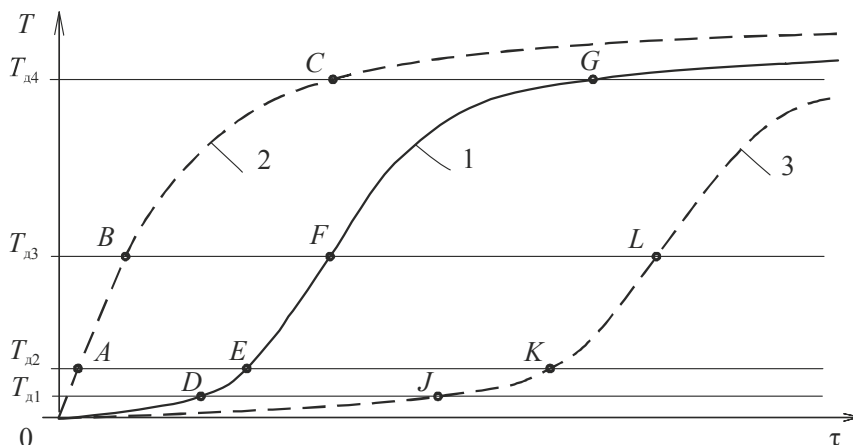


Рис. 1. Можливі залежності (1—3) збільшення температури вузла ТГ

На етапі виникнення дефекту (ділянка $0D$ кривої 1) збільшення температури вузла ТГ у часі відбувається повільно. Оскільки характер розвитку дефекту і, відповідно, подальшої зміни температури вузла невідомі, експериментальні дані вимірювання температури при виникненні дефекту попередньо можуть бути надані у вигляді лінійного рівняння :

$$T_1 = A_1 \cdot \tau + B_1. \quad (1)$$

З розвитком дефекту ділянка $D-E-F$ кривої 1, швидкість наростання температури елемента суттєво збільшуються. Ця ділянка кривої $T = f(\tau)$ може бути описана рівнянням виду:

$$T_2 = A_2 \cdot \exp(C_2 \cdot \tau) + B_2. \quad (2)$$

Після закінчення формування дефекту ділянка $F-G$ виділення теплоти стабілізується і температура вузла змінюється за експонентою:

$$T_3 = A_3 \cdot \exp(-C_3 \cdot \tau) + B_3. \quad (3)$$

З часом швидкість збільшення температури вузла поступово зменшується і температура має досягнути певного сталого значення.

Розміри виділених ділянок на кривій кінетики температури пошкодженого вузла ТГ по вісі абсцис (час) і вісі ординат (температура) графіка можуть бути різними і залежати від виду дефекту, швидкості його розвитку та будови вузла. Це означає, що допустима температура нагрівання вузла машини може опинитися на будь-якій з названих ділянок кривої 1. У зв'язку з цим можливе розташування максимально допустимої температури нагрівання вузла ТГ на кривій 1 (рис. 1) покажемо у вигляді горизонтальних прямих ($T_{д1} = const$, $T_{д2} = const$, $T_{д3} = const$ та $T_{д4} = const$), які проходять через верхню за температурою межу виділених ділянок.

Можливість різного «розміру» виділених ділянок на кривій $T = f(\tau)$ означає, що загальний вигляд кривої також буде залежати від виду дефекту, швидкості його розвитку та будови вузла. Так, наприклад, у разі пошкодження електричної ізоляції стрижня обмотки статора на кривій $T = f(\tau)$ стрижня не буде ділянки повільного збільшення температури. Зміна температури стрижня буде відбуватися за кривою 2 (рис. 1). На початку забруднення каналів стрижня статорної обмотки ТГ, де рухається охолоджуюча вода, температура стрижня буде змінюватися повільно (рис. 1, ділянка ОК кривої 3). Коли прохідний переріз зменшиться до певного значення і вода фактично перестане надходити у канали стрижня, швидкість зміни температури значно збільшиться (ділянка $K-L$ кривої 3).

На початку етапу розвитку дефекту і малої кількості даних вимірювання температури складно визначити яким чином буде збільшуватися температура пошкодженого вузла. По-перше, це пояснюється множиною можливих варіантів розвитку дефекту. По-друге, наявністю в результатах вимірювань температури «шумів» і похибок. Крім цього, з результатів аналізу кривих (рис. 1) випливає, що в окремі проміжки часу температура пошкодженого вузла ТГ може змінюватися з великою швидкістю. Це також ускладнює надання прогнозу стосовно розвитку дефекту і збільшення температури вузла.

У зони біля точок E та K на кривих 1 і 2 відбувається різка зміна швидкості збільшення температури вузла ТГ. Враховуючи, що ділянка експоненціальної кривої, де швидкість зростання температури безперервно збільшується, є найбільш небезпечною з точки зору розвитку дефекту і виникнення аварійної ситуації, то такій ділянці надамо найвищий «третій» ранг небезпеки ($Rang = 3$).

Ділянкам кривої, де температура елемента змінюється лінійно (постійна швидкість зростання температури), надамо «другий» ранг небезпеки ($Rang = 2$). Ділянкам $B-C$ та $F-G$, де температура збільшується за експонентою, але швидкість зміни температури при цьому зменшується, надамо «перший» ранг небезпеки — $Rang = 1$. Якщо ж на певній ділянці кривої $T = f(\tau)$ температура елемента протягом часу не змінюється і залишається величиною сталою, то такій ділянці надамо «нульовий» ранг небезпеки $Rang = 0$.

Для оперативного прогнозування температури розвитку дефекту та швидкості досягнення гранично допустимої температури попередньо мають бути визначені:

- значення допустимих температур T_d основних вузлів ТГ;
- максимально можливі похибки визначення температури елементів, включаючи похибки вимірювання і шумову складову D_T ;
- ранги небезпеки для різних видів апроксимацій зміни температури вузла ТГ;
- час τ_p , потрібний для зупинки ТГ;
- коефіцієнт запасу K_3 , який враховує виробничі й технічні особливості заходів щодо зупинки конкретного ТГ.

Крім цього, потрібно забезпечити:

- безперервне та швидке опитування каналів виміру температури;
- проведення аналізу співвідношення значень вимірної і допустимої температур елемента ТГ для кожного з каналів вимірювань;
- визначення відхилення ($\Delta T_{ц}$), вимірної в останньому циклі T_b , від стаціонарної при цьому режимі роботи ТГ.

Величина $\Delta T_{ц}$ може бути визначена як різниця між останнім результатом виміру температури і середнім значенням температури вузла ТГ за попередні 10—20 вимірів. Якщо значення $\Delta T_{ц}$ менше похибки виміру температури і шумової складової D_T , тобто $\Delta T_{ц} < K_3 \cdot D_T$, то таке відхилення розглядаємо як випадкову флуктуацію. При цьому значення коефіцієнта запасу $K_{з1}=1 \dots 3$ обираємо таким, що забезпечує стійку роботу системи, відкинувши випадкові збільшення вимірів.

Якщо $\Delta T_{ц} \geq K_3 \cdot D_T$, то це свідчить про невідповідне збільшення температури і вимагає подальшого спостереження за цим вимірювальним каналом, проведення аналізу й прогнозування розвитку дефекту.

Аналогічний перехід до аналізу і прогнозування розвитку ситуації здійснюється, коли фактична виміряна температура T_b елемента ТГ відрізняється від значення допустимої температури менше за обумовлену для цього елемента величину, наприклад, $(T_d - T_b) < 5$ К.

Після переходу в режим аналізу і прогнозування розвитку ситуації при кожному новому вимірі проводиться апроксимація кінетичної кривої за однією з розглянутих функцій до значення допустимої температури. Поки кількість вимірів температури по контрольованому каналу не перевищує обумовлене значення, наприклад 10, зміну температури вузла описуємо рівнянням (1), дію якого поширюємо до значення допустимої температури. Тут A_1 і B_1 — коефіцієнти регресії, значення яких розраховуються за формулами [3, 4] з використанням результатів вимірювання температури вузла у часі.

Коли кількість вимірів по контрольованому каналу перебільшить 10, розрахунок коефіцієнтів регресії виконується для трьох варіантів закону зміни температури — за рівняннями (1), (2), (3).

Далі розраховуються коефіцієнти регресії для кожного з трьох варіантів апроксимації та здійснюється оцінка похибки апроксимації при n вимірах. Для цього визначається приведена квадратична відносна похибка:

$$R_j^2 = \left[\sum_{i=1}^n (T_{vi} - \widehat{T}_{ji})^2 \right] / \left[\sum_{i=1}^n (T_{vi} - \widehat{T}_{li})^2 + \sum_{i=1}^n (T_{vi} - \widehat{T}_{2i})^2 + \sum_{i=1}^n (T_{vi} - \widehat{T}_{3i})^2 \right], \quad (4)$$

де T_{vi} — вимірне i -те значення температури; \widehat{T}_{ji} — значення температури, розраховане за j -тим варіантом апроксимації для i -того значення часу τ .

За результатами визначення похибок обирається варіант апроксимації. Причому за робочий приймається варіант, якому властива мінімальна похибка. Проте якщо похибка іншого варіанта відрізняється від похибки «робочого» варіанта не більше, ніж на 5 % (що відповідає значенням похибок вимірювань), то потрібно провести порівняння варіантів за рангом небезпеки і як «робочий» обрати варіант, який має вищий ранг. Наприклад:

1. Апроксимація функції $T_1 = A_1 \cdot \tau + B_1$, похибка $R_1^2 = 0,30$.
2. Апроксимація функції $T_2 = A_2 \cdot \exp(C_2 \cdot \tau) + B_2$, похибка $R_2^2 = 0,31$.
3. Апроксимація функції $T_3 = A_3 \cdot \exp(-C_3 \cdot \tau) + B_3$, похибка $R_3^2 = 0,39$.

За варіантом 1 маємо найменшу похибку апроксимації, проте оскільки похибка для варіантом 2 відрізняється менше, ніж на 5 %, за робочий варто прийняти саме варіант 2, який має більший ранг небезпеки $\text{Rang} = 3$. Результат екстраполяції обраної таким чином функції апроксимації дослідних даних використовується для прогнозування зростання температури вузла ТГ.

Одночасно з розрахунком кінетичної кривої температури визначається час τ_d , за який температура елемента ТГ досягне допустимого значення T_d . Якщо прогнозний час τ_d досягнення T_d близький до часу, необхідного для прийняття рішення щодо умов експлуатації машини і прийняття відповідних заходів, тобто коли $\tau_d \leq K_{32} \cdot \tau_p$, на екрані монітора з'являється повідомлення про небезпеку. Тут значення коефіцієнта запасу $K_{32} \approx 1 \dots 5$ обирається за умови наявності часу для прийняття рішення щодо умов подальшої роботи ТГ.

Аналогічним чином видається повідомлення у випадку, коли різниця між значеннями допустимої і вимірної температури елемента близька до заздалегідь обумовленого критичного значення, наприклад, $(T_d - T_v) < 5 \text{ K}$.

Узагальнений алгоритм підпрограми прогнозування рівня та швидкості збільшення температури пошкодженого вузла статора ТГ наведений на рис. 2. Маємо зазначити, що розроблений метод і, відповідно, алгоритм, який наведений на рис. 2, є принципово придатними для прогнозування рівня та швидкості збільшення температури будь-якого з вузлів ТГ.

Покажемо методику визначення коефіцієнтів регресії апроксимаційних функцій зміни температури. Вихідні дані — чисельна залежність з $(n + 1)$ пар даних (час і температура), що отримана прямими вимірюваннями:

$$(\tau_0, T_{v0}); (\tau_1, T_{v1}); (\tau_2, T_{v2}); \dots (\tau_i, T_{vi}); \dots (\tau_n, T_{vn}).$$

Необхідно отримати функцію апроксимації $\widehat{T} = f(\tau)$, яка забезпечує мінімізацію суми квадратів відхилень результатів вимірювань від значень, розрахованих за функцією апроксимації:

$$F = \sum_{i=0}^n [T_{vi} - f(\tau_i)]^2 \rightarrow \min.$$

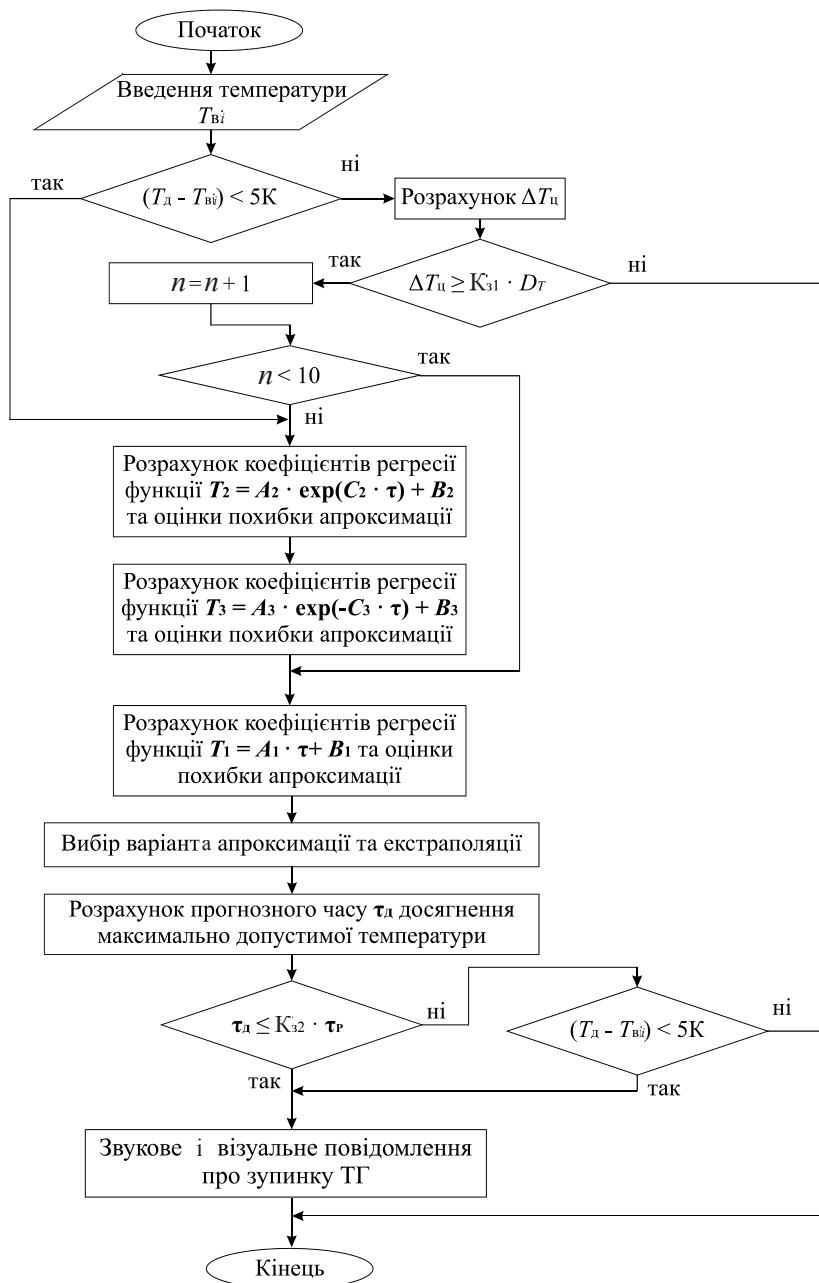


Рис. 2. Узагальнений алгоритм підпрограми прогнозування рівня і швидкості збільшення температури пошкодженого вузла ТГ

Для апроксимації функції $T_1 = A_1 \cdot \tau + B_1$ задачу вирішуємо аналітично. Часткові похідні функції F по коефіцієнтах A_1 і B_1 прирівнюємо до 0 і з рішення системи рівнянь маємо рівняння розрахунку коефіцієнтів регресії:

$$A_1 = \frac{(n+1) \sum_{i=0}^n (\tau_i \cdot T_{Bi}) - \sum_{i=0}^n \tau_i \cdot \sum_{i=0}^n T_{Bi}}{(n+1) \sum_{i=0}^n \tau_i^2 - \left(\sum_{i=0}^n \tau_i \right)^2}; \quad (5)$$

$$B_1 = \frac{\left(\sum_{i=0}^n \tau_i \right)^2 \cdot \sum_{i=0}^n T_{Bi} - \sum_{i=0}^n \tau_i \cdot \sum_{i=0}^n (\tau_i \cdot T_{Bi})}{(n+1) \sum_{i=0}^n \tau_i^2 - \left(\sum_{i=0}^n \tau_i \right)^2}. \quad (6)$$

Для функції $T_2=A_2 \cdot \exp(C_2 \cdot \tau)+B_2$ при значенні коефіцієнта $C_2=1$ задача також має аналітичне рішення, але при трьох невідомих коефіцієнтах можна отримати систему лише з двох незалежних нелінійних трансцендентних рівнянь:

$$A_2 \cdot \sum_{i=0}^n \exp(2 \cdot C_2 \cdot \tau_i) + B_2 \cdot \sum_{i=0}^n \exp(C_2 \cdot \tau_i) = \sum_{i=0}^n T_{Bi} \cdot \exp(2 \cdot C_2 \cdot \tau_i), \quad (7)$$

$$A_2 \cdot \sum_{i=0}^n \exp(C_2 \cdot \tau_i) + (n+1) \cdot B_2 = \sum_{i=0}^n T_{Bi}. \quad (8)$$

У системі з рівнянь (7), (8) маємо три невідомих, тому система має нескінченну кількість рішень. Для вирішення цієї суперечності припустимо, що апроксимаційна функція проходить точно крізь першу з точок, з якої почалася зміна температури. Відлік часу τ також почнемо з цього моменту. Тобто $i=0$, $\tau_0=0$, звідки $\exp(C_2 \cdot \tau) = 1$, і, відповідно, $A_2 + B_2 = T_0$.

Нелінійна система з рівнянь (7), (8) може бути вирішена з використанням чисельних методів. Не можна гарантувати, що при цьому отримаємо оптимальне рішення для мінімізації функції F , тому що рівняння (7) є дійсним тільки у разі, якщо відсутні шуми та похибки вимірювань. За наявності похибки виміру температури і шумової складової D_T , можна стверджувати, що значення суми коефіцієнтів A_2 , B_2 знаходиться на проміжку від $(T_0 - D_T)$ до $(T_0 + D_T)$, тому оптимальні значення коефіцієнтів можуть бути знайдені одним з градієнтних методів пошуку екстремуму функції F .

Наведений алгоритм визначення коефіцієнтів регресії чисельними методами потребує виконання низки ітерацій, що за наявності великої кількості пар вихідних даних і контрольованих за температурою точок, може потребувати тривалого машинного часу. Для прискорення обчислень можна застосувати спрощений алгоритм розрахунків, який забезпечує меншу точність. Так апроксимацію експоненціальної функції можна виконати у разі наявності трьох дослідних точок. Для цього краще обрати точки, що розташовані на кінцях і в середині інтервалу часу проведення вимірювань з моменту початку підвищення температури. Тобто використовуються точки $i=0$, $i=n$ та $i=n/2$ (якщо n — парне число), або $i=(n+1)/2$ (якщо n — непарне число). Оскільки вимірювання проводяться через рівні проміжки часу τ_b , а $\tau_i=0$, можна записати такі рівняння:

$$\begin{aligned}
 i = 0 \quad A_2 + B_2 &= T_0; \\
 i = n/2 \quad \exp[C_2 \cdot (n/2) \cdot \tau_B] + B_2 &= T_{n/2}; \\
 i = n \quad A_2 \cdot \exp(C \cdot n \cdot \tau_B) + B_2 &= T_n.
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

У результаті перетворень рівнянь (7) — (9) отримуємо рівняння:

$$\frac{\exp[C_2 \cdot (n/2) \cdot \tau_B] - 1}{\exp(C_2 \cdot n \cdot \tau_B) - 1} = \frac{T_{n/2} - T_0}{T_n - T_0};
 \tag{10}$$

$$A_2 = \frac{T_n - T_0}{\exp(C_2 \cdot n \cdot \tau_B) - 1};
 \tag{11}$$

$$B_2 = T_0 - A_2.
 \tag{12}$$

Вирішення рівняння (10) також потребує застосування чисельних методів розрахунків, але оскільки при цьому використовується лише три пари вихідних даних, рішення потребує менше часу.

Результати і обговорення. Запропонована методика є придатною для прогнозування рівня та швидкості збільшення температури пошкодженого вузла, яке відбувається внаслідок виникнення будь-якого виду дефекту або комбінації дефектів. Разом з тим необхідно відзначити, що наявність похибок вимірювання температури призводить до ускладнення методики обробки сигналів датчиків температури та, відповідно, коректного визначення закону підвищення температури пошкодженого вузла ТГ.

У випадку, коли утворення дефекту не призводить до зміни витрат середовища, яким здійснюється охолодження вузла, тобто без зміни значення коефіцієнта тепловіддачі α , температура вузла ТГ, наприклад, стрижня обмотки статора ТГ, збільшується за експонентою виду $T_3 = A_3 \cdot \exp(-C_3 \cdot \tau) + B_3 \pm \Delta$, результати прогнозу рівня та швидкості збільшення температури можуть бути перевірені таким чином: після закінчення налагоджувальних чи планових ремонтних робіт, одночасно з випробовуванням ТГ і отриманням лінійних еталонних залежностей температури T_m кожного стрижня статорної обмотки (вузла ТГ) від квадрата струму статора I^2 (струму навантаження) ТГ [5]:

$$T_m = M \cdot I_1^2 + N \pm \Delta,
 \tag{13}$$

може бути визначена експериментальним шляхом або ж розрахована [1] постійна часу нагрівання стрижня:

$$K_\tau = c_m \cdot m_m / (\alpha \cdot S),
 \tag{14}$$

де c_m , m_m та S — теплоємність, маса та поверхня пошкодженого вузла ТГ, з якої відводиться теплота.

Оскільки постійна часу нагрівання стрижня K_τ не залежить від величини збільшення струму статора — струму навантаження ТГ $K_\tau \neq f(\Delta I^2)$, то кінетика збільшення температури стрижня внаслідок збільшення діючого струму може бути описана рівнянням:

$$T_m = T_0 + (T_y - T_0) \cdot [1 - \exp(-\tau / K_\tau)],
 \tag{15}$$

де T_0 — температура стрижня (вузла ТГ), виміряна у момент часу $\tau_0 = 0$, який прийнятий за початок процесу нагрівання стрижня; T_y — ustalena температура стрижня (вузла ТГ), яка встановлюється внаслідок збільшення струму статора на величину ΔI .

Оскільки значення постійної часу K_τ стрижня обмотки статора (вузла ТГ) є попередньо визначеним при проведенні випробовування ТГ, то в результаті вирішення системи, складеної із рівняння:

$$T_{mi} = T_0 + (T_y - T_0) \cdot [1 - \exp(-\tau_i / K_\tau)], \quad (16)$$

одержаного в результаті вимірювання при τ_i температури T_{mi} стрижня статорної обмотки (вузла ТГ), який нагрівається, та рівняння

$$T_{md} = T_0 + (T_y - T_0) \cdot [1 - \exp(-\tau_d / K_\tau)], \quad (17)$$

складеного з використанням обумовленого значення допустимої температури стрижня T_{md} (вузла ТГ) та часу τ_d , потрібного для її досягнення; отримуємо рівняння розрахунків ustalenoї T_y температури стрижня (вузла ТГ) і часу τ_d досягнення у стрижні (вузлі ТГ) допустимої температури:

$$T_y = \frac{T_{mi} - T_0}{1 - \exp(-\tau_i / K_\tau)} + T_0; \quad (18)$$

$$\tau_d = K_\tau \cdot \ln[(T_y - T_0) / (T_y - T_{md})]. \quad (19)$$

Таким чином, якщо постійна часу нагрівання стрижня визначена заздалегідь, для визначення часу нагрівання пошкодженого вузла ТГ до допустимої температури достатньо провести два виміри температури цього вузла.

Висновок

Запропонований метод оперативного прогнозування закону збільшення температури пошкодженого вузла турбогенератора, який базується на багатоваріантній апроксимації результатів вимірювань з подальшою екстраполяцією функції, отриманої з урахуванням ступеня небезпеки можливих сценаріїв розвитку дефекту, забезпечує можливість управління розвитком дефекту турбогенератора і є основою для вдосконалення інформаційної технології діагностики теплового стану статора та інших основних вузлів турбогенератора.

Література

1. *Филиппов И.Ф.* Теплообмен в электрических машинах / И.Ф. Филиппов — Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1986. — 256 с.
2. *Пехович А.И.* Расчеты теплового режима твердых тел / А.И. Пехович, В.М. Жидких. — Л.: Энергия, 1976. — 352 с.
3. *Кузенков М.В.* Методы, техника и математическая обработка данных / М.В. Кузенков, В.Г. Середкин. — Красноярск: СибФУ, 2007. — 244 с.
4. *Маркин Н.С.* Основы теории обработки результатов измерений / Н.С. Маркин. — М.: Издательство стандартов, 1991. — 176 с.
5. *Мазуренко О.О., Самсонов В.В.* Діагностика і управління розвитком теплових дефектів діючого турбогенератора // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2014. — Том 20, № 3. — С. 157—168.

ОПЕРАТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ И СКОРОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВРЕЖДЕННОГО УЗЛА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

О.А. Мазуренко, В.В. Самсонов

Национальный университет пищевых технологий

Л.Й. Воробьев

Институт технической теплофизики НАН Украины

Информационным технологиям технической диагностики теплового состояния турбогенератора принадлежит решающая роль в продлении надежной работы отечественных турбогенераторов, которые почти полностью отработали свой проектный ресурс. Но их недостатком является то, что они, как правило, реагируют на возникновение дефекта и не предоставляют оценки опасности развития возникшего дефекта, а также не отслеживают его развитие во времени. Предложенный метод оперативного прогнозирования закона увеличения температуры поврежденного узла турбогенератора обеспечивает возможность управления развитием дефекта турбогенератора и является основой для совершенствования информационной технологии диагностики теплового состояния статора и других основных узлов турбогенератора.

Ключевые слова: турбогенератор, управление развитием дефекта, степень опасности, оперативное прогнозирование, многовариантная аппроксимация.

INTENSIFICATION OF ABSORPTION PROCESSES USING THE REGIME METHODS

A. Martseniuk

National University of Food Technologies

Key words:

*Intensification of
absorption processes
Vibration-wave
phenomena
Transients*

Article history:

Received 15.11.2015

Received in revised form
29.11.2015

Accepted 08.12.2015

Corresponding author:

A. Martseniuk

E-mail:

npnft@ukr.net

ABSTRACT

Regime methods for intensifying the processes of absorption, in contrast to stationary technological methods, are based on violation of a stationary process by causing singular or repeated disturbances of system parameters, which change phase equilibrium. During the subsequent non-durable recovery phase at a new level of thermodynamic equilibrium, an intensive energy conversion takes place in the system, along with the acceleration of heat and mass transfer processes. The main directions of the regime intensification of the processes are the development of new and improvement of existing hardware with a spontaneous onset of the vibration-wave phenomena, the immediate imposition of vibrations and pulsations in the operating system and its elements, as well as the combination of oscillatory phenomena of different physical nature. The implementation of these methods requires a deep and sufficiently long-term study with significant economical costs. Therefore, in the near future, an effective way to intensify the processes of absorption will be to apply well-known design solutions that best meet the requirements of the process.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ АБСОРБЦІЇ РЕЖИМНИМИ СПОСОБАМИ

О.С. Марценюк

Національний університет харчових технологій

Режимні способи інтенсифікації процесів абсорбції, на відміну від стаціонарних технологічних способів, ґрунтуються на порушенні стаціонарності процесів внесенням у систему окремих або повторюваних збурень її параметрів, які змінюють фазову рівновагу. Під час наступного нетривалого відновлення фазової рівноваги на новому термодинамічному рівні у системі відбуваються інтенсивні енергетичні перетворення, які супроводжуються прискореним перебігом тепломасообмінних процесів. Основними напрямками режимної інтенсифікації процесів є розроблення нових і удосконалення існуючих апаратних рішень зі спонтанним проявом коливально-хвильових явищ, безпосереднє накладання коливань і пульсацій на робочі системи та їх окремі елементи, а також суміщення коливальних явищ різної фізичної природи. Реалізація цих напрямків вимагає глибоких високоякісних і досить тривалих дослід-

жень, тому на найближчу перспективу дієвим способом інтенсифікації процесів абсорбції є застосування відомих конструктивних рішень, які найповніше відповідають вимогам проведення процесу.

Ключові слова: інтенсифікація процесів абсорбції, коливально-хвильові явища, перехідні режими.

Постановка проблеми. Розвиток харчової промисловості України вимагає інтенсифікації технологічних процесів, зокрема процесів абсорбції. Ці процеси використовуються для виготовлення високоякісних харчових продуктів, очищення викидів відходів у навколишнє середовище, сприяють впровадженню безвідходних технологій виробництва з повною комплексною переробкою сировини.

Під інтенсифікацією процесів розуміють збільшення швидкості їх перебігу (виходу продукту з одиниці об'єму апарата). Закони збереження енергії і маси вказують на те, що інтенсифікацією процесів не можна створити додаткову теплову енергію чи масу продукту, проте можна за рахунок збільшення швидкості перебігу процесів зменшити розміри апаратів, теплові і продуктові втрати, заощадити капітальні й експлуатаційні витрати.

Розрізняють два основні способи інтенсифікації безперервних процесів: технологічні і режимні. Технологічні способи полягають переважно у створенні і підтриманні більш високих рушійних сил (перепадів тисків, температур, концентрацій) між вхідними й вихідними потоками і зниженні опорів перенесенню субстанції у стаціонарних процесах. Режимні способи інтенсифікації передбачають використання інтенсивних режимів взаємодії потоків за рахунок порушення стаціонарності процесів внесенням у систему збурень певних її параметрів за допомогою механічних (перехідних явищ, використання вібрацій, пульсацій, посиленого перемішування, змін параметрів середовища, які призводять до утворення перехідних режимів) та фізичних (електричних і магнітних полів, акустичних коливань) способів впливу.

Під перехідними режимами розуміють [1] обмежені в часі процеси переходу систем від одних станів термодинамічної рівноваги до інших, тобто перебування систем у неусталеному стані після виведення їх із рівноваги. Зміни стану рівноваги можна визвати цілеспрямованою зміною будь-якого параметра системи або кількох її параметрів одночасно. Найдоступніше створювати перехідні режими зміною тисків, температур і параметрів руху середовищ, проте всі параметри системи нерозривно зв'язані між собою і зміна будь-якого параметра супроводжується змінами всіх інших параметрів системи. Обмежений час перебігу перехідних процесів супроводжується гідродинамічними змінами, енергетичними перетвореннями та інтенсифікацією процесів перенесення.

Використання вібрацій і пульсацій робочих середовищ за своєю природою відноситься до періодично повторюваних перехідних режимів. У ряді випадків неможливо точно відокремити технологічні і режимні способи, оскільки, наприклад, при більшій витраті продукту змінюється режим його руху і спонтанно створюються пульсації, які посилюють масоперенесення.

Мета статті. Проаналізувати основні способи режимної інтенсифікації процесів абсорбції і визначити найбільш дієві, які найповніше відповідають вимогам перебігу процесу.

Виклад основних результатів дослідження. Застосування режимних способів інтенсифікації абсорбції пов'язано з організацією впливу збудуючих факторів на процес у цілому або на окремі його стадії. У процесах газорідної сорбції маса компонента послідовно переноситься спочатку в ядрі потоку першої фази до примежового шару, проходить крізь примежовий шар цієї фази і поверхню поділу фаз, після цього проходить крізь примежовий шар суміжної фази і розподіляється в ядрі її потоку. На кожній стадії перенесення компонента (за винятком проходження крізь міжфазну поверхню, яка не має товщини і за відсутності на ній хімічних перетворень не чинить дифузійного опору) існує відповідний дифузійний опір. Загальний дифузійний опір дорівнює сумі окремих опорів на кожній стадії перенесення. Інтенсифікація процесу пов'язана зі зниженням цих опорів, причому передусім потрібно намагатись знизити ті опори, які мають найбільші значення.

Знизити дифузійні опори в ядрі потоків газу й рідини можна накладанням вібрацій і пульсацій, а також турбулізацією потоків за допомогою більш інтенсивного перемішування, внаслідок чого посилюються турбулентні пульсаційні імпульси. У більшості випадків газова і рідка фази рухаються в турбулентних режимах, що забезпечує досить велику інтенсивність перенесення в ядрі потоку турбулентними пульсаційними струменями. У цих випадках переважна частка дифузійних опорів залишається зосередженою у міжфазних примежових шарах. Поблизу примежових шарів турбулентні пульсації інтенсивно згасають і перенесення компонента в прилеглих до поверхні поділу фаз малорухомих або взагалі нерухомих прошарках відбувається лише молекулярною дифузією.

Товщину прошарків з молекулярним перенесенням маси можна зменшувати загальним підвищенням турбулентності внаслідок того, що турбулентні пульсації в міру турбулізації ядра потоку все глибше проникають у примежові шари. Проте при цьому переважна частина витраченої на турбулізацію енергії буде втрачатись на дисипацію у межах ядра потоку і значно менша частина — на проникнення турбулентних пульсацій у примежові шари.

Значне підвищення швидкості руху потоків з метою їх турбулізації у багатьох випадках не доцільне, оскільки гідравлічні опори і витрати на їх подолання внаслідок дисипації енергії зростають значно інтенсивніше, ніж підвищується швидкість міжфазного перенесення. З точки зору економії енергетичних витрат доцільно створювати пульсації безпосередньо у примежових шарах і на межі поділу фаз.

Одноразове створення таких пульсацій реалізується спонтанно при формуванні нової міжфазної поверхні у перші моменти витікання газових струменів у рідину в барботажних процесах, у перші моменти розпилення рідин у газах, під час об'єднання дрібних краплинок або бульбашок газу в крупніші та при їх розпаді. Доцільно створювати й удосконалювати апарати, в яких би реалізувалось почергове повторення процесів диспергування і об'єднання елементів дисперсної фази. Прикладами таких апаратів є колони, на тарілках яких реалізується прямотечійний рух фаз у струминно-пінному режимі, емульгаційні колони, розпилювальні контактні пристрої з послідовним розпиленням і коалесценцією рідкої фази.

Для інтенсифікації абсорбційних процесів режимними способами можуть бути використані фізичні методи впливу (збільшення поверхні контакту фаз шляхом тонкого диспергування струменів рідин або газів, збільшення швидкостей руху взаємодіючих потоків, поверхнева конвекція і турбулентність, вібрації, пульсації, перехідні явища, додавання ПАВ, накладання електромагнітних, електростатичних, ультразвукових полів тощо), конструктивне удосконалення окремих елементів обладнання (насадок, тарілок, розподільних, розпилювальних і сепараційних пристроїв тощо) та створення принципово нових конструкцій абсорбційних апаратів. Підвищення ефективності процесів не повинно супроводжуватись різким збільшенням гідравлічного опору апаратів, зростанням їх матеріаломісткості і складності виготовлення, зниженням продуктивності і надійності роботи.

Стратегія інтенсифікації конкретних процесів, у тому числі й режимних, полягає в проведенні глибоких досліджень процесу з метою виявлення обмежень, що заважають їх інтенсивному перебігу, і подальшому підбору комплексу заходів, які дозволяють зняти ці обмеження. Розроблення таких заходів вимагає сучасних теоретичних і практичних знань, застосування досить точних вимірювальних приладів і обчислювальної техніки з алгоритмами й програмами, які дозволяють провести цей аналіз, причому бажано в автоматичному режимі. Проте більшість сучасних алгоритмів містить значну кількість спрощувальних допущень, не має узагальнювальних рішень і внаслідок складності досліджуваних систем не може бути використана для отримання оптимальних висновків.

Можна виділити три способи режимної інтенсифікації процесів абсорбції: 1 — розроблення нових й удосконалення існуючих контактних пристроїв з вираженим спонтанним проявом коливально-хвильових явищ та з елементами, що вібрують під впливом динамічних сил потоків, і подальша заміна традиційних контактних пристроїв на більш ефективні); 2 — безпосереднє накладання коливань різних частот, амплітуд і закономірностей зміни амплітудних характеристик на робочу систему чи її окремі елементи; 3 — суміщення коливальних явищ різної фізичної природи.

1. Нові або удосконалені контактні пристрої й апарати з інтенсивними режимами роботи повинні бути нескладними у виготовленні [2], мати широкі межі зміни навантажень по рідині і газу, малу тривалість перебування потоків в апаратах і такі режими руху, що забезпечують максимальне наближення до режимів повного витіснення і створення найбільшої рушійної сили процесів масообміну. Ще не всі конструкції описаних контактних пристроїв досить обґрунтовані й вивчені з установами оптимальних режимів їх роботи і збільшеної пропускної спроможності.

Широкий діапазон зміни навантажень і різна необхідна кількість одиниць перенесення вимагають застосування апаратів різних типів і розмірів з різною роздільною здатністю. Порівняння доцільності застосування абсорбційних апаратів різних типів і рекомендації щодо їх вибору наведені в [3, 4]. За необхідності отримати велику кількість одиниць перенесення при порівняно невисоких витратах робочих середовищ перевагу слід віддавати тарілчастим і насадковим апаратам, а якщо навпаки — швидкісним розпилювальним.

У ряді випадків інтенсифікація процесу може бути досягнута заміною традиційних апаратів на більш сучасні, правильним підбором типу апарата і застосованих у ньому відомих контактних пристроїв відповідно до технологічних вимог: відносних витрат рідкої і газової фаз, допустимого гідравлічного опору і швидкостей потоків, вартості виготовлення, зручності експлуатації тощо.

Наприклад, при розширенні виробництва в умовах необхідності збільшення щільності зрошення понад $100 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{год})$ при низьких швидкостях газу ($0,1 \dots 0,5 \text{ м/с}$) тарілчасті колони втрачають ефективність унаслідок наявності переливних пристроїв, які не дозволяють збільшувати продуктивність колон, а використання швидкісних прямотечієвих тарілок неприйнятне, оскільки піднімальна здатність газового потоку недостатня для транспортування великих об'ємів рідини.

У цих умовах доцільною може виявитись заміна тарілчастих ковпачкових колон на струминні зі спіралями Архімеда [5], можуть бути застосовані апарати з вертикальними контактними пристроями, здатні працювати при щільностях зрошення до $300 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{год})$ і підвищеній поглинальній здатності. Замість тарілчастих колон можуть бути використані насадкові колони з регулярною насадкою, зокрема Гліч-грід (фірма Чамплін петроліум, США), Спрей-пак, Зульцер, апарати типу АВР тощо [6].

Регулярні насадки доцільно використовувати в колонах, що працюють під розрідженням. Енергія гравітаційного поля найкраще використовується в розроблених автором [7] перфорованих регулярних пакетних насадках, листи яких обладнані видовженими в горизонтальному напрямку прямокутними отворами, верхні краї яких виконані зубчастими, а нижні горизонтальні краї мають незначні потовщення або короткі кромки, відігнуті в горизонтальне положення. При гравітаційному стіканні рідини листами насадки формується краплинно-плівковий режим течії. На звисаючих вниз зубцях формуються краплі, які згодом відриваються, падають на потовщені нижні краї отворів, де внаслідок удару розплющуються, а потім знову формуються в плівки і краплі. Безперервне послідовне повторення цих актів сприяє оновленню поверхні контакту фаз. Насадки мають мінімальний гідравлічний опір і можуть бути використані в апаратах, що працюють під розрідженням і за необхідності дотримання мінімальних перепадів тиску, зокрема у градирнях. Фрагменти регулярних насадок, наприклад, гофрованої насадки типу «зиг-заг», використовують як краплеуловлювачі.

Основною перевагою колон з регулярними насадками порівняно з колонами з насипними насадками і тарілчастими є підвищена пропускна спроможність і значно нижчий гідравлічний опір (у $5 \dots 10$ разів), що дозволяє суттєво на $30 \dots 40 \%$ знизити енергомісткість і підвищити відбір цільових компонентів та їх якість. Проте це досягається не безкоштовно. Габарити вакуумних колон з регулярними насадками порівняно з тарілчастими приблизно однакові, а трудомісткість виготовлення і вартість регулярних насадок разом з опорними конструкціями, збірною тарілкою і розподільвачем зрошення суттєво дорожчі, ніж тарілчастих колон. Через це використання регулярних насадок не завжди економічно виправдане, і тому не використовувати контактні пристрої тарілчастого типу недоцільно.

У [8] проаналізована комбінована математична модель варіантів руху рідини на суміжних тарілках при прямотечії і протитечії за умови повного перемішування пари і визначені значення ККД тарілок. Проведений аналіз дозволив зробити висновок, що зусилля вчених і конструкторів в галузі інтенсифікації масообмінних тарілчастих апаратів не дадуть бажаного результату при використанні протитечійного руху рідини на суміжних тарілках, тому при конструюванні барботажних апаратів зі зливом потрібно суміщати ідеальну структуру пінного шару на тарілці (ідеальне витіснення) з односпрямованим рухом рідини. При цьому кількість тарілок можна знизити на 40...50 %.

Оскільки в будові масообмінних апаратів уже закладено спонтанне використання коливально-пульсаційних режимів, причому з частотами, близькими до власних коливань елементів системи, то можна прогнозувати лише незначне підвищення ефективності масообміну за рахунок удосконалення конструкції тарілок.

З метою визначення можливості удосконалення тарілчастих контактних пристроїв було проведено порівняння [9] приведених витрат на розділення в ректифікаційній колоні, обладнаній найбільш ефективними базовими тарілками та «ідеальною» тарілкою. При цьому було враховано, що при проектуванні колон для забезпечення ефективної їх роботи в робочому діапазоні навантажень приймають мінімальні значення ККД і максимальні значення гідравлічного опору. Як базова прийнята клапанна баластна тарілка «ВНИИНЕФТЕМАШ» [10] з дещо ширшим діапазоном роботи, ніж клапанна тарілка Глітч [11], а як «ідеальна» тарілка — гіпотетична конструкція, що має 100 % ефективність розділення в усьому робочому інтервалі навантажень, мінімальний гідравлічний опір і відрізняється простотою виготовлення, низькою металомісткістю і вартістю на рівні звичайної ситчастої тарілки.

Розрахунки за програмою оптимізації на прикладі атмосферної колони розділення сирої нафти показали, що використання “ідеальної” тарілки дозволяє знизити виробничі витрати на розділення на 15,5 % порівняно з базовою моделлю. Це підтверджує думку про те, що резерви підвищення ефективності тарілчастих апаратів за рахунок удосконалення будови тарілок незначні, тому потрібно ретельно оцінювати витрати на розроблення нових конструкцій і освоєння виробництва та порівнювати їх з можливим економічним ефектом.

Ефективність використання об'єму міжтарілчастого простору значною мірою залежить від структури потоків і напрямку їх руху на тарілках. Ральф Кіршбаум і Річард Льюїс у 1935 р. на основі теоретичного аналізу показали переваги використання прямотечійного, порівняно з протитечійним, руху рідини на суміжних тарілках за умови реалізації моделі ідеального витіснення потоків рідкої і газової фаз [12]. Перемішування фаз на тарілках існуючих конструкцій завадило впровадженню цієї ідеї.

Подальше удосконалення структури потоків на тарілках дозволило перейти до прогресивного циклічного режиму руху потоків [13—16], за якого на кожній тарілці в робочий період циклу реалізується повне перемішування фаз, а в період короткої затримки подачі парової фази рідина повністю стікає на нижню тарілку в режимі ідеального витіснення. Удосконалення цикліч-

ного режиму з точки зору більш повного використання об'єму колон повинно здійснюватись у напрямку створення більш ефективних масообмінних пристроїв контактної зони тарілок, визначення оптимальних розмірів контактної зони і шлюзової камери.

З метою інтенсифікації процесу у ряді випадків доцільно застосовувати барботажні апарати із затопленою насадкою [17], в яких унаслідок пульсацій потоків створюється міжфазна турбулентність з інтенсивним завихренням і подрібненням обох фаз. Інтенсивна експлуатація насадкових колон у режимах, близьких до режиму емульгування, призводить до руйнування керамічних насадок. Отже, необхідно створювати нові хімічно стійкі ефективні насадкові тіла з високою механічною міцністю, малою засипною масою, низьким гідравлічним опором, які здатні працювати в широкому діапазоні навантажень. Одночасно потрібно розробляти і впроваджувати методи механізованого завантаження насадок в абсорбційні апарати. При цьому повинні бути забезпечені однакові гідродинамічні умови (швидкість газового потоку, щільність зрошення, гідравлічний опір тощо) в усіх точках об'єму апарата.

Розроблення нових насадок (унаслідок властивості апарата як єдиної системи) повинно супроводжуватись удосконаленням будови зрошувачів і пристроїв для ефективного розподілу газу, що особливо важливо для апаратів великої одиничної потужності. Для високошвидкісних апаратів слід ширше застосовувати ефективні методи розділення потоків (наприклад, відцентрові), здатні працювати в широкому діапазоні газових навантажень. Для пустотілих розпилювальних апаратів потрібні надійні розпилювальні пристрої, що працюють при значній зміні витрат, забезпечують рівномірне дрібнодисперсне розпилення і не забиваються відкладаннями. Для інтенсифікації апаратів слід ширше застосовувати принцип розділення потоків. Потрібні також високоефективні бризкоуловлювальні пристрої, здатні працювати в широких діапазонах газових навантажень.

Слід продовжувати вивчення впливу поверхневого натягу і домішок поверхнево активних речовин на роботу абсорбційних апаратів і на цій основі розробляти оптимальні розміри насадкових тіл та їх елементів і оптимальні режими експлуатації апаратів, враховуючи роль капілярної сталості в забезпеченні максимальної поверхні контакту фаз в одиниці об'єму апарата при мінімальних витратах енергії. Оптимальні умови проведення процесу відповідають конструктивним розмірам контактних елементів, які близькі до розмірів капілярної сталості.

Поверхневі явища відповідають за циркуляційні рухи в рідині, які виникають при досягненні критичних значень чисел Марангоні і залежать від фізико-хімічних властивостей контактуючих фаз, їх концентрацій (співвідношення фазових опорів), величини адсорбції Гіббса, співвідношення часу релаксації адсорбційного шару і дифузії в рідині, геометричних розмірів контактних елементів і колон.

Оновленню поверхні контакту фаз і створенню нової міжфазної поверхні сприяє збільшенні відносної швидкості фаз та інтенсивне подрібнення дисперсної фази. З метою диспергування і рівномірнішого розподілу газової фази можна подавати у рідину вздовж тракту її руху крізь пористі металокерамічні елементи або крізь мембрани, які не пропускають рідку фазу, але пропускають

газову фазу (фільтраційна абсорбція). Суцільна фаза, що рухається з досить великою швидкістю в каналах невеликого діаметра, контактує з малорухомими дисперсними бульбашками біля стінок, що сприяє оновленню поверхні контакту, зменшенню шорсткості каналів стінок і зниженню гідравлічного опору порівняно з течією однофазного потоку. Наявність розподілених у рідині дрібних бульбашок знижує загальну в'язкість системи.

Металокерамічні фільтраційні трубки, особливо на основі титану, крізь які можна вдувати в рідину газ або повітря в дрібнодисперсному стані, можуть бути застосовані у пивоварній та виноробній промисловості для прискорення зброджування пивного суслу і виноматеріалів, для диспергування водню в процесі гідрогенізації масел і жирів, для насичення киснем фруктів, соків, квасів, молочних продуктів, лікарських настоянок, для насичення напоїв діоксидом вуглецю, використовуючи для цього процесу невисокі надлишкові тиски (до 20 кПа). Тривалість повного розчинення дрібних бульбашок газу не перевищує кількох десятків секунд [18]. Збільшення тиску газу та подача кожної з фаз з правильно підібраними параметрами пульсацій можуть значно прискорити процес.

Розроблення чіткої класифікації режимних способів інтенсифікації масообмінних апаратів і їх елементів може стати науковою основою стандартизації в галузі абсорбційної техніки з використанням стандартної технології і стандартного уніфікованого обладнання стосовно конкретних потреб виробництва. Це дозволить створити крупносерійне виробництво стандартних блоків абсорбції газів на спеціалізованих підприємствах, забезпечить підвищення продуктивності праці, скоротить терміни розробки і впровадження абсорбційної апаратури і поліпшить техніко-економічні показники роботи ділянок абсорбції.

2. Безпосереднім накладанням механічних коливань і коливань іншої природи з підібраними частотами й амплітудами, при правильному їх поєднанні з параметрами власних коливань робочих систем або їх контактних зон можна збільшити поверхню контакту фаз, інтенсивність дифузійного перенесення крізь приповерхневі шари і цим значно прискорити процес масообміну,

Найчастіше використовують механічні коливання з відносно малими амплітудами і частотами (5...100 Гц), які здійснюються за синусоїдальним (гармонічним) законом і дозволяють прискорити перебіг процесів без значного додаткового підведення енергії. За допомогою коливань краще забезпечується рівномірність розподілу введеної енергії в об'ємі апарата, особливо в апаратах з віброперемішувальними пристроями. Важливим засобом інтенсифікації є використання одиночних збурень і перехідних режимів [1]. Вібраційну дію на оброблюване середовище можна досить легко регулювати зміною амплітуд і частот, що дає змогу оптимізувати режими технологічного процесу.

Особливістю газорідинних систем є швидке затухання коливань унаслідок гальмувальної дії поверхневих сил на міжфазній поверхні, зі збільшенням об'ємного газовмісту до 0,5 та зменшення швидкості поширення пружних динамічних хвиль (звуку) в гомогенному потоці газорідинної суміші за нормальних умов до мінімального значення 23 м/с [7, 19, 20]. До того ж, при зниженні тиску в системі швидкість динамічних хвиль знижується пропорційно кореню

квадратному від тиску, наприклад, зниження тиску від 10^5 Па до 10^3 Па призведе до зниження швидкості динамічних хвиль (звуку) до 2,3 м/с.

Унаслідок швидкого затухання накладати коливання доцільно не на всю газорідинну систему, а на її окремі обмежені за розміром зони. Враховуючи, що газорідинні системи внаслідок наявності в них газової фази мають пружні властивості, які рівномірно поширюються на всі зони, на системи збільшених розмірів доцільно накладати пульсаційні зміни тиску з витримкою впродовж часу, достатнього для релаксації цих змін, тобто використовувати перехідні нестационарні режими. У разі швидкого розчинення газу під час перекачування продукту трубопроводами нестационарність можна створювати змінами напрямків руху потоку або діаметрів трубопроводу.

Якщо швидкість поширення динамічної хвилі, яка обумовлюється швидкістю руху коливального органу в період наростання амплітуди коливання, перевищить швидкість звуку в газорідинному середовищі (число Маха перевищить одиницю), утворюється ударна динамічна хвиля (стрибок ущільнення). За фронтом стрибка ущільнення різко змінюються параметри потоку газорідинної суміші: локальна швидкість, тиск, густина, температура. Після різкої зміни параметрів відбувається їх релаксація — відновлення стану рівноваги, тривалість якого залежить від характеристик системи. Використанням стрибків ущільнення можна значно інтенсифікувати процеси абсорбції, причому швидкість руху віброгенеруючих елементів може бути на порядок нижчою від швидкості звуку в повітрі. Для створення стрибків ущільнення можна використати пульсаційні пристрої та гідротаран.

Колівання на систему можна накладати як за допомогою спеціальних вібропристроїв, так і конструктивними змінами контактних елементів, наприклад, навивкою дроту на трубчасті елементи плівкових апаратів, використанням рифлень, застосуванням зубчастих отворів у листових насадках з метою переходу до краплинно-плівкової течії, використанням віброуючих насадок, конструюванням клапанів, які вібрують при проходженні газової фази.

Оскільки будь-який параметр системи має рівноправне значення і може бути використаний для інтенсифікації процесу, то очевидно повинні бути використані й такі характеристики коливань, як форма зміни імпульсу та величина зміщення фаз. У [18, 21] показана можливість утворення додаткових складових перенесення, що виникають унаслідок коливальних змін параметрів процесу. Інтенсивність процесу визначається сумою цих складових, знак яких обумовлюється фазовим ефектом — величиною зміщення фаз між параметрами, викликаними коливаннями. Внаслідок зміщення фаз при течії рідини в трубопроводах можуть виникати пульсаційні зворотні течії, які на тільки прискорюють процеси тепломасообміну, а й знижують гідравлічний опір системи.

При вивченні акустичних коливань встановлено [22], що пульсуючі кавітаційні мікробульбашки зменшуються приблизно у 5 разів швидше, ніж збільшуються, внаслідок чого вони переміщуються, наближаючись до розташованої поблизу твердої поверхні або зближуються з сусідніми бульбашками. Зміщення фази коливань розмішених поблизу газових бульбашок змінює характер їх руху. Бульбашки, що коливаються в протифазі, відштовхуються.

Під час гідродинамічної кавітації спостерігається інтенсивне випаровування рідини у внутрішню порожнину каверни, яке пояснюється [23, 24] утворенням біля межі каверни зворотних гідродинамічних і теплових шарів з хвилеутворенням і пульсацією на поверхні поділу, внаслідок чого поверхня поділу не має чіткої межі і являє собою зону невеликої товщини, що містить дво-трифазний шар з дрібнодисперсних крапель туманоподібного середовища великої питомої поверхні і парагазу, що циркулює вздовж рідкої поверхні, тобто на межі поверхні відбувається тонко дисперсне розпилення рідини та інтенсивне тепломасоперенесення. Цими явищами можна керувати зміною параметрів утворення каверн і будови кавітатора та накладанням на систему коливань.

Певну аналогію можна провести стосовно барботажних бульбашок газорідних середовищ. Під час руху газових бульбашок у рідкій фазі відбувається випаровування рідини всередину бульбашок, внаслідок чого знижується температура поверхневого шару бульбашок і створюється тепловий потік від більш глибоких шарів рідини до цієї поверхні, який за механізмом термодифузії сприяє перенесенню до поверхні компонентів з рідкої фази. Аналогічні явища відбуваються при випаровуванні рідини у внутрішню порожнину кавітаційної каверни. Випаровування значно посилюється при відбиранні пари з каверни.

Тривалістю стадій зменшення і збільшення розмірів бульбашок, а також дифузії компонентів газу всередину бульбашок при їх розширенні і з бульбашок у рідину при зменшенні розмірів бульбашок, очевидно, можна керувати тривалістю фаз наростання й зменшення амплітуди коливань або тривалістю зростання і зниження гідростатичного тиску.

При сорбції важкорозчинних газів, коли потрібно турбулізувати переважно рідку фазу, може виявитись доцільним використання ефекту розтікання рідини при ударі об тверду поверхню. Рідина в межах плями розтікання рухається в плівці, товщина якої вимірюється десятими частками міліметра, з великою швидкістю (до 10...25 м/с). У міру розтікання рідини в плямі товщина її шару [18] залишається незмінною і внаслідок цього зі збільшенням радіуса віддалення від точки удару струменя швидкість рідини знижується і створюються умови пульсаційного відриву примежового шару. Великі градієнти швидкостей і пульсацій не зривання примежового шару інтенсифікують перемішування в плівці.

Інтенсифікації масообміну можуть сприяти періодичні пульсаційні зміни напрямку руху потоків, за допомогою яких збільшується тривалість контактування фаз. Накладання на пульсаційні зміни коливань більшої частоти також може впливати на швидкість дифузійного перенесення.

При наближенні частот вимушених коливань до частот власних коливань системи амплітуда вимушених коливань різко зростає і наближається до резонансних значень. Використання режимів з резонансними частотами є дієвим способом підвищення дії коливань на середовище, проте при цьому зростають динамічні навантаження на будівельні конструкції і фундаменти, тому на практиці використовують частоти близькі до резонансних. У такому разі переважаюча частка витраченої на генерацію коливань енергії спрямовується на інтенсифікацію процесу, пов'язану з подоланням сил тертя внаслідок зростання інтенсивності відносного руху рідкої і газової фаз, а решта —

витрачається на дисипацію, пов'язану з перетворенням енергії мікромасштабних пульсацій у теплоту.

Значна інтенсифікація сорбційних процесів за допомогою накладання коливальних, очевидно, не передбачається, оскільки доступні пропозиції дослідників, що лежать на поверхні явищ, вже по можливості впроваджені, а використання додатково встановлених ефектів вимагає все більших ускладнень. До того ж, практично в усіх описаних типах сорбційних апаратів цілеспрямовано або спонтанно вже використовуються вібраційні впливи, причому спонтанні вібраційно-коливальні рухи відповідають власним (резонансним) коливанням систем або їх окремих ділянок, тому до подальшого накладання коливальних рухів потрібно підходити дуже зважено, щоб це не призводило до завищених витрат енергії.

3. Розроблення зручних, принципово нових конструкцій високопродуктивних сорбційних апаратів вимагає застосування нових фізичних явищ і ефектів і суміщення їх з уже відомими. При суміщенні явищ різної природи, наприклад, механічних коливальних зі змінними амплітудами, частотами та зміщеними фазами з такими змінюваними параметрами системи, як температура, тиск, витрати середовищ, напруженість фізичних полів, можуть виникати нові співвідношення інтенсивностей взаємодії контактуючих середовищ і навіть створюватись близькі до резонансних режими, які суттєво прискорюють процеси міжфазного перенесення.

Складність процесів, що проявляються при взаємодії явищ різної фізичної природи, і відсутність теорії їх перебігу вимагає багатогранних і глибоких досліджень кожного окремого випадку. Використовуючи потрібну аналогію Рейнольдса стосовно перенесення кількості руху, теплоти і маси, можна прогнозувати, що коли якийсь фактор інтенсифікує один із видів названого перенесення, то він аналогічно діє і на інші процеси перенесення.

У [18, 21] сформульовано два правила для встановлення ефекту посилення основного потоку перенесення за допомогою додатково діючого фізичного явища:

- перше (необхідне) — для посилення основного потоку перенесення взаємодією або накладанням фізичного поля іншої природи необхідно, але недостатньою умовою є наявність функціональної залежності (зв'язку) між параметрами градієнта рушійної сили поля, що накладається, і параметром градієнта основного потоку;

- друге (достатнє) — для того, щоб при накладанні двох фізичних явищ відбулось посилення основного потоку перенесення, достатньо, щоб зв'язок між параметрами рушійної сили поля, що накладається, і основних полів був прямий, тобто зі збільшенням параметра градієнта основного потоку збільшувався б і параметр градієнта поля, що накладається. Обидва правила дійсні, якщо складові параметрів поля, що накладається, утворюють лише градієнти за параметрами поля основного потоку.

Для пошуку ефектів взаємного посилення або гальмування перенесення у [18, 21] розглянуто можливість сумісної дії комбінації двох різних фізичних явищ: температури, концентрації, тиску, щільності потоків речовини, теплоти, електричного струму та потоків дифузійного перенесення речовини в магнітних і електричних полях.

Наведені два правила мають орієнтовний характер і дозволяють лише полегшити пошук можливих ефектів взаємодії двох явищ. Для більш глибокого пошуку способів інтенсифікації слід використовувати термодинаміку незворотних процесів і теорію перенесення Онсагера [1].

Висновки

Перспективи розробки і впровадження нових режимних способів інтенсифікації процесів абсорбції на найближчі кілька десятиріч оцінюються на рівні не вище 30...40 % і вимагають значних економічних витрат. Дієвим способом інтенсифікації на даний час є правильне застосування вже відомих апаратів з контактними пристроями, характеристики яких найкраще відповідають технологічним вимогам, та суміщення технологічних і режимних способів.

Література

1. *Інтенсифікація* масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний. — К.: ПП Люксар, 2007. — 443 с.
2. *Анистратенко В.А.* Прямоточные контактные устройства брагоректификационных установок. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 159 с.
3. *Рамм В.М.* Абсорбция газов. — М., Химия, 1976. — 665 с.
4. *Оборудование для санитарной очистки газов: Справочник / И.Е. Кузнецов, К.И. Шмат, С.И. Кузнецов; Под общей ред. д-ра техн. наук И.Е.Кузнецова.* — К.: Техника, 1989. — 304 с.
5. *Слободяник И.П.* Повышение эффективности массообмена струйных тарелок больших диаметров. // Тезисы докладов VI Всесоюз. конф. по теории и практике ректификации. — Северодонецк, 1991. — С. 200—202.
6. *Григорян Л.Г., Шафранский Е.Л., Прохоренко Ф.Ф. и др.* Проблемы и перспективы ректификации в нефтепереработке // Тезисы докладов VI Всесоюз. конфер. по теории и практике ректификации. — Северодонецк, 1991. — С. 23—29.
7. *Марценюк О.С.* Науково-технічні основи інтенсифікації масообміну в газорідних апаратах з регулярними насадками. Дис. ... докт. техн. наук: 05.18.2012 / Національний університет харчових технологій. — К., 2006. — 429 с.
8. *Комиссаров Ю.А.* Основы конструирования массообменных аппаратов // Тезисы докладов VI Всесоюз. конфер. по теории и практике ректификации. — Северодонецк, 1991. — С. 217—219.
9. *Лебедев Ю.Н., Мамонтов Г.В.* Возможности и пути совершенствования массообменных колонных аппаратов // Тезисы докладов VI Всесоюз. конфер. по теории и практике ректификации. — Северодонецк, 1991. — С. 214—216.
10. *Вольшинок Ю.З., Свеженцев В.С.* Колонные массообменные аппараты с клапанными балластными тарелками // Труды ВНИИНЕФТЕМАШ. — 1982. — С. 19.
11. *Бюллетень* фирмы Глитч (США) № 70—07.
12. *Mk Whirter J.R., Cannon M.R.* Controlled cycling distillation // *Industrial and Engineering Chemistry*. — 1961. — # 53. — P. 632—634.
13. *Патент* на винахід 81700 Україна, МПК B01D 3/30. Массообмінний контактний пристрій / Б.В. Малета, О.В. Малета. — Опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2.
14. *United States Patent US 8158073 B2, Mass Exchange Contact Device / B. Maleta, O. Maleta.* PCT/UA 2007/000021 on Apr. 3, 2007; Prior Publication Date US 2010/0221156A1 Sep. 2, 2010; Date of Patent Apr. 17, 2012
15. *Understanding process intensification in cyclic distillation systems / B. Maleta, A. Kiss, V. Taran, V. Maleta // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification (USA).* — July 2011. — Volume 50, Issue 7. — P. 655—664.
16. *Булій Ю.В., Шиян П.Л., Дмитрук П.А., Малигін А.І.* Іноваційна технологія вилучення та концентрування органічних домішок спирту в режимі керованої ректифікації // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2013. — № 43. — С. 38—50.

17. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и конструирования. — 3-е изд., перераб. М.: Химия, 1978. — 280 с.
18. Интенсификация технологических процессов пищевых производств / И.М. Федоткин, Б.Н. Жарик, Б.И. Погоржельский. — К.: Техніка, 1984. — 176 с.
19. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. Пер. с англ. / Под ред. И.Т. Аладьева. — М.: Мир, 1972. — 440 с.
20. Марценюк О.С., Дубінін О.О., Тахістова Г.О. Коливання в гетерогенних системах // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — К.: Національний університет харчових технологій. — 2002. — № 12 (Додаток) — 43 с.
21. Федоткин И.М. Интенсификация технологических процессов. — К.: Вища школа, 1979. — 342 с.
22. Агранат Б.А., Баширов В.И., Китайгородский Ю.И. Ультразвуковая очистка // В кн.: Физика и техника мощного ультразвука. Т. 3: Физические основы ультразвуковой технологии. — М.: Наука, 1970. — Т. 3. — С. 165—252.
23. Федоткин И.М., Гульїй І.С. Кавитация. Кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. — К.: Полиграфкнига, 1997. — 839 с.
24. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович, З. Кондрат. — К.: РВЦ УДУХТ, 1999. — 87 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ РЕЖИМНЫМИ СПОСОБАМИ

А.С. Марценюк

Національний університет пищевых технологий

Режимные способы интенсификации процессов абсорбции, в отличие от стационарных технологических способов, основаны на нарушении стационарности процессов внесением в систему отдельных или повторяемых возмущений ее параметров, изменяющих фазовое равновесие. Во время последующего недлительного восстановления фазового равновесия на новом термодинамическом уровне в системе происходят интенсивные энергетические превращения, сопровождающиеся ускорением тепломассообменных процессов. Основными направлениями режимной интенсификации процессов является разработка новых и усовершенствование существующих аппаратных решений со спонтанным проявлением колебательно-волновых явлений, непосредственное наложение колебаний и пульсаций на рабочие системы и их отдельные элементы, а также совмещение колебательных явлений разной физической природы. Реализация этих направлений требует глубоких и достаточно длительных исследований со значительными экономическими затратами, поэтому в ближайшее время действенным способом интенсификации процессов абсорбции будет использование известных конструктивных решений, наиболее полно отвечающих требованиям проведения процесса.

Ключевые слова: интенсификация процессов абсорбции, колебательно-волновые явления, переходные режимы.

УДК 664.1.054

ANALYTICAL EXPRESSIONS FOR DETERMINING CELLULAR SYSTEMS CONTACT TIME WITH THE HEATING TUBE SURFACE OF VACUUM APPARATUS HEATING CHAMBER

T. Pogorily, V. Mironchuk

National University of Food Technologies

K. Shtangeev

Institute of Post-Diploma Training of the NUFT

Key words:

Speed

Contact time

Lift height

Cell

Economizer area

Article history:

Received 14.11.2015

Received in revised form
26.11.2015

Accepted 15.12.2015

Corresponding author:

T. Pogorily

E-mail:

taras22@mail.ru

ABSTRACT

The paper presents the results of determining the time of full contact of a cellular system with the surface of a heating tube of heating chamber of vacuum apparatus. Under certain assumptions, the desired contact time was determined for the following two cases: a) excluding economizer area — the speed of cellular system movement from the heating pipe entry point to the exit point is growing in direct ratio; b) including economizer area — the speed of cellular system movement from the heating pipe entry point to the end of economizer area is stable and from the boiling point to the exit point of the heating pipe it is growing in direct ratio. According to the analytical expressions based on experimental data on the velocity distribution of masecuite at the entrance to the heating tube and at its exit, the contact time for the cellular systems and the surface of the heating tube was determined for particular cases.

АНАЛІТИЧНІ ВИРАЗИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ КОНТАКТУ СИСТЕМ КОМІРОК З ПОВЕРХНЕЮ ГРІЮЧОЇ ТРУБКИ НАГРІВАЛЬНОЇ КАМЕРИ ВАКУУМ-АПАРАТА

Т.М. Погорілий, В.Г. Мирончук

Національний університет харчових технологій

К.О. Штангєєв

Інститут післядипломної освіти НУХТ

У статті представлено результати визначення повного часу контакту систем комірок з поверхнею гріючої трубки нагрівальної камери вакуум-апарата. Визначення шуканого часу контакту проводилося за певних припущень для двох випадків: а) без урахування економайзерної зони, коли швидкість руху системи комірок від точки входу в гріючу трубку до точки виходу з неї відбувається за прямо пропорційним зростаючим законом; б) з урахуванням економайзерної зони, коли швидкість руху системи комірок від точки

входу в гріючу трубку до кінця економайзерної зони є величиною сталою, а з точки початку зони кипіння і до точки виходу з гріючої трубки відбувається за прямо пропорційним зростаючим законом. За отриманими аналітичними виразами на основі експериментальних даних про розподіл швидкостей утфелю при вході в гріючу трубку та на виході з неї для окремих випадків знайдено час контакту системи комірок з поверхнею гріючої трубки.

Ключові слова: швидкість, час контакту, висота підйому, комірка, економайзерна зона.

Постановка проблеми. Для ефективного керування найбільш енергоємним у виробництві цукру процесом кристалізації сахарози необхідно створити математичну модель, яка б найповніше описувала процес тепло- та масообміну, що відбувається між складовими частинами багатофазної системи, якою є цукровий утфель.

Для створення такої математичної моделі процесу масової кристалізації сахарози необхідно знайти розв'язок нестационарних задач теплопровідності та дифузійного масообміну для системи комірок з урахуванням відносного часу уварювання цукрового утфелю та часу перебування системи комірок у гріючій трубці нагрівальної камери вакуум-апарата.

Мета дослідження. Аналітично визначити час контакту системи комірок із поверхнею гріючої трубки нагрівальної камери вакуум-апарата, що дасть змогу знайти числові значення перебування системи комірок у гріючій трубці з урахуванням експериментальних даних про розподіл швидкості входу утфелю в гріючу трубку та виходу паро-утфельної суміші з неї.

Виклад основних результатів дослідження. При створенні математичної моделі кристалізації сахарози вдалися до певних припущень і спрощень, оскільки достатньо повно описати такий складний процес, як кристалізація речовин із розчинів з урахуванням усіх технологічних факторів, що впливають на його проходження, практично надзвичайно складно.

Цукровий утфель, що являє собою багатофазну систему, представлено у вигляді комірчастої моделі [1—5]. У процесі дослідження обмежилися кількістю кристалів цукру, що дорівнює двом. Система комірок розглядається такою, що комірки кристалів цукру, які, у свою чергу, обмежені відповідними за об'ємом міжкристалічними розчинами сахарози, щільно прилягають одна до одної, а також однією стороною першої комірки щільно прилягають або до поверхні гріючої трубки (рис. 1), або ж до парової бульбашки (рис. 2), коли вона утворюється. З іншої сторони друга комірка контактує безпосередньо з утфелем (рис. 1, рис. 2). Розглянемо осесиметричну задачу, де саме утфель і є тією коміркою, через яку проходить вісь симетрії (рис. 1, рис. 2). Комірки розглянутих систем розташовані перпендикулярно до поверхні гріючої трубки (рис. 1, рис. 2), тобто горизонтально.

Приймаємо, що рух такої системи комірок у середині гріючої трубки (рис. 3) при підйомі з нижньої точки входу і до верхньої точки виходу [6] має характер ідеального витіснення поршневого типу і є ламінарним.

Також приймаємо, що економайзерна зона гріючої трубки розпочинається в нижній її частині та завершується в тому місці, де утворюються перші парові бульбашки, тобто розпочинається зона кипіння (рис. 3).

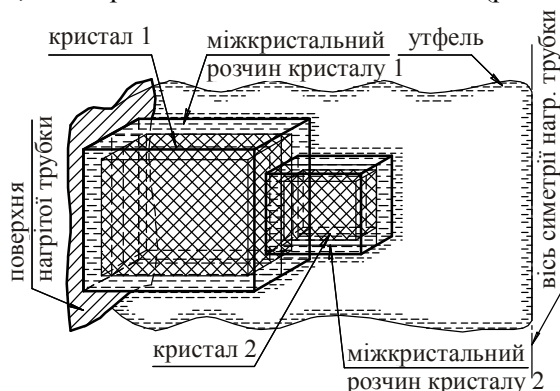


Рис. 1. Схема розташування комірок системи I: кристали цукру–міжкристальні розчини сахарози–утфель

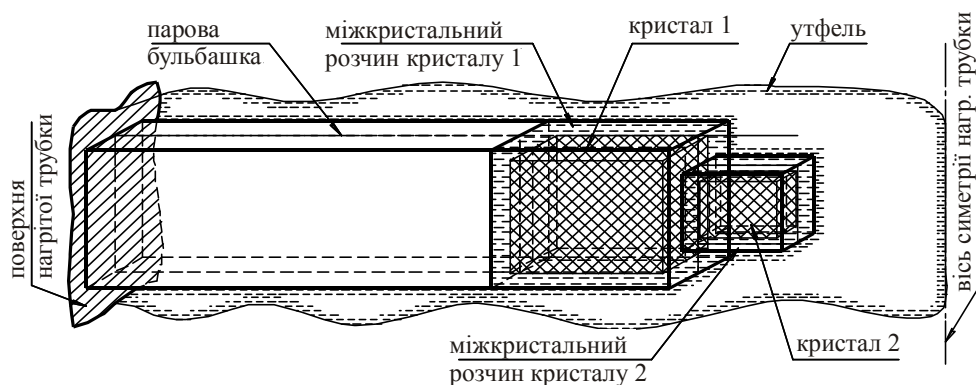


Рис. 2. Схема розташування комірок системи II: парова бульбашка–кристали цукру–між кристальні розчини сахарози–утфель

При вході в гріючу трубку нагрівальної камери вакуум-апарата дисперсна система представлена у вигляді комірок кристалів цукру–міжкристальні розчини сахарози, що оточують ці кристали–утфель. Позначимо таку систему комірок через номер I (рис. 1). У такому вигляді розглядаємо систему комірок I до кінця економайзерної зони (рис. 3), тобто впродовж частини довжини вертикальної гріючої трубки, в межах якої відбувається прогрівання утфелю до початку утворення перших парових зародків.

З моменту утворення перших парових зародків (бульбашок), тобто з початкової точки зони (рис. 3) кипіння впродовж усього часу їх зростання і до моменту відриву, розглядаємо вже іншу систему комірок: парова бульбашка–кристали цукру–міжкристальні розчини сахарози–утфель, яку позначимо через номер II (рис. 2). У даному випадку вважаємо, що така система комірок II зберігається до моменту виходу всієї системи комірок з гріючої трубки.

Таким чином, зміна температур і розподіл концентрацій між комірками системи I та II будуть визначатися на основі розв'язку нестационарних задач

теплопровідності та дифузійного масообміну всередині гріючої трубки і в повній мірі залежатиме від шуканого часу контакту всієї системи комірок з поверхнею гріючої трубки.

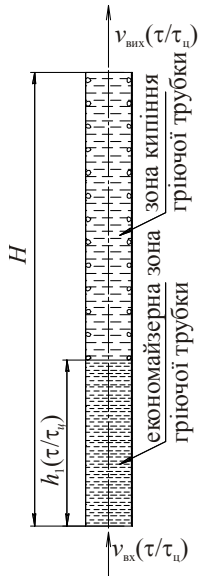


Рис. 3. Схема розташування вертикальної гріючої трубки з економайзерною зоною:

$v_{вх}(\tau/\tau_{ц})$ — швидкість входу утфеля в нагр. трубку; $v_{вих}(\tau/\tau_{ц})$ — швидкість виходу паро-утфельної суміші з нагр. трубки; H — висота нагр. трубки; $h_1(\tau/\tau_{ц})$ — висота економайзерної зони нагр. трубки

$0,15 \leq \tau/\tau_{ц} \leq 1,0$ (тобто коли в міжкристалльному розчині сахарози наявні кристали цукру).

Початковим моментом часу $t_0 = 0$ контакту вважається той момент, коли вся система комірок I потрапляє в нижню частину гріючої трубки. Час проходження економайзерної зони позначимо через $t_1(\tau/\tau_{ц})$. Кінцевий момент часу контакту системи комірок II з гріючою трубкою, тобто момент часу виходу системи комірок II з гріючої трубки, позначимо через $t_2(\tau/\tau_{ц})$. Також введемо позначення (рис. 3) для змінної швидкості входу системи комірок у гріючу трубку через $v_{вх}(\tau/\tau_{ц})$, та змінної швидкості виходу системи комірок з гріючої трубки через $v_{вих}(\tau/\tau_{ц})$. Відлік висоти гріючої трубки розпочинається з нижньої її точки, де приймаємо, що $h = 0$. Кінець економайзерної зони позначимо через висоту $h_1(\tau/\tau_{ц})$. Довжину гріючої трубки позначимо через величину H (рис. 3). Таким чином, потрібно знайти розподіл швидкості руху $v(h, \tau/\tau_{ц})$ системи комірок у гріючій трубці залежно від висоти підйому та відносного часу уварювання цукрового утфелю.

Розглянемо спочатку випадок, коли економайзерна зона в гріючій трубці відсутня ($h_1(\tau/\tau_{ц}) = 0$), і парова фаза утворюється відразу в початковий момент входу системи комірок у гріючу трубку, що дасть змогу відразу

Питання стосовно розмірів комірок детально розглянуто в [1–4]. Питання розподілу температур і концентрацій між комірками в пропонованому дослідженні не розглядається через складність та обмеженість об'єму даної статті.

Таким чином, беручи до уваги [2–5] розміри складових системи комірок I та II, а також розміри діаметра ($d = 98,6$ мм) та довжини ($l = 0,98$ м) гріючої трубки, вважаємо, що система комірок I практично «миттєво» повністю входить у гріючу трубку в нижній її точці входу, тоді як система комірок II «миттєво» виходить з неї у верхній точці.

Усі подальші міркування здійснюються на основі того, що процес руху системи комірок у гріючій трубці розглядається з урахуванням відносного часу уварювання цукрового утфелю $\tau/\tau_{ц}$, за умови, що величина $\tau/\tau_{ц}$ змінюється в межах

розглянути систему комірок II. В даному випадку вважатимемо, що наростання швидкості $v(h, \tau/\tau_{II})$ від величини $v_{вх}(\tau/\tau_{II})$ до величини $v_{вих}(\tau/\tau_{II})$ відбувається за прямо пропорційним законом (рис. 4).

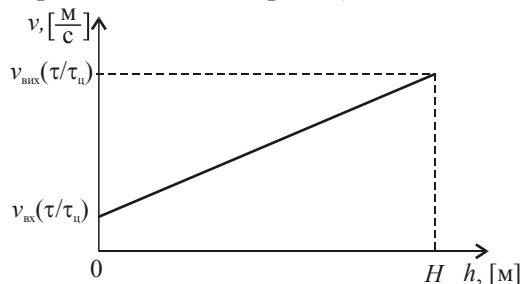


Рис. 4. Зміна швидкості руху системи комірок у гріючій трубці залежно від висоти підйому за відсутності економайзерної зони (схематично)

Граничні умови для знаходження шуканого закону зміни швидкості руху системи комірок у гріючій трубці можна записати в такому вигляді (рис. 4): $v(0, \tau/\tau_{II}) = v_{вх}(\tau/\tau_{II})$ для точки входу в гріючу трубку та $v(H, \tau/\tau_{II}) = v_{вих}(\tau/\tau_{II})$ — для точки виходу з неї. На основі цього складемо лінійне рівняння відносно шуканої функції швидкості $v(h, \tau/\tau_{II})$ з урахуванням висоти підйому h при фіксованому значенні відносного часу уварювання τ/τ_{II} :

$$\frac{h-0}{H-0} = \frac{v(h, \tau/\tau_{II}) - v_{вх}(\tau/\tau_{II})}{v_{вих}(\tau/\tau_{II}) - v_{вх}(\tau/\tau_{II})} \quad (1)$$

Після певних перетворень рівняння (1) остаточно можна записати в такому вигляді:

$$v(h, \tau/\tau_{II}) = \frac{v_{вих}(\tau/\tau_{II}) - v_{вх}(\tau/\tau_{II})}{H} \cdot h + v_{вх}(\tau/\tau_{II}), \quad (0 \leq h \leq H) \quad (2)$$

Для знаходження всього часу перебування системи комірок у гріючій трубці, який позначимо через $t_k(H, \tau/\tau_{II})$, складемо диференціальне рівняння. Виділимо в будь-якому місці по вертикалі гріючої трубки нескінченно малий прошарок (відрізок) висотою Δh . На цьому прошарку висотою Δh вважатимемо, що зміна швидкості $\Delta v(h, \tau/\tau_{II})$ системи комірок всередині трубки настільки незначна, що нею можна знехтувати і прийняти її за постійну величину (за основу приймаємо миттєву швидкість входу системи комірок у цей прошарок). Тоді миттєвий проміжок часу $\Delta t_k(\Delta h, \tau/\tau_{II})$, який необхідний системі комірок для подолання шляху висоти підйому Δh при миттєвій швидкості $v(h, \tau/\tau_{II})$, буде дорівнювати:

$$\Delta t_k(\Delta h, \tau/\tau_{II}) = \frac{\Delta h}{v(h, \tau/\tau_{II})} \quad (3)$$

Інтегруючи вираз (3) по змінній величині висоти підйому h в межах від $h = 0$ до $h = H$, отримуємо, що повний час перебування $t_k(H, \tau/\tau_{II})$ системи комірок II у гріючій трубці визначатиметься за таким виразу:

$$t_k(H, \tau / \tau_{ц}) = \int_0^H \frac{dh}{v(h, \tau / \tau_{ц})} . \quad (4)$$

Після певних перетворень підінтегрального виразу (4) на основі виразу (2), остаточно знайдемо аналітичний вираз для шуканого часу контакту $t_k(H, \tau/\tau_{ц})$ системи комірок з поверхнею гріючої трубки без економайзерної зони в такому вигляді:

$$t_k(H, \tau / \tau_{ц}) = \frac{H}{v_{\text{вих}}(\tau / \tau_{ц}) - v_{\text{вх}}(\tau / \tau_{ц})} \cdot \ln \frac{v_{\text{вих}}(\tau / \tau_{ц})}{v_{\text{вх}}(\tau / \tau_{ц})} . \quad (5)$$

Розглянемо тепер випадок (рис. 5), коли в гріючій трубці існує економайзерна зона висотою $h_1(\tau/\tau_{ц}) > 0$, де в утфелі ще не утворюється парова фаза, а відбувається лише його прогрівання до температури кипіння. Зрозуміло, що ця величина буде залежати від багатьох параметрів, насамперед від відносного часу уварювання цукрового утфелю $\tau/\tau_{ц}$.

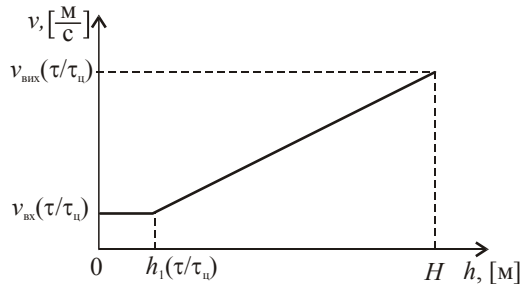


Рис. 5. Зміна швидкості руху системи комірок у гріючій трубці з урахуванням висоти підйому за наявності економайзерної зони (схематично)

У даному випадку позначимо швидкість підйому системи комірок у гріючій трубці через величину $v^*(h, \tau/\tau_{ц})$. Як видно з рис. 5, існує вже два інтервали ($0 \leq h \leq h_1(\tau/\tau_{ц})$ та $h_1(\tau/\tau_{ц}) \leq h \leq H$), де швидкість руху $v^*(h, \tau/\tau_{ц})$ матиме різний характер і описуватиметься різними рівняннями.

На першому інтервалі $0 \leq h \leq h_1(\tau/\tau_{ц})$ (рис. 5), тобто від нижньої точки входу в гріючу трубку (рис. 3) і до кінця економайзерної зони висотою $h_1(\tau/\tau_{ц})$, вважаємо, що швидкість руху системи комірок буде постійною і дорівнюватиме початковій швидкості на вході $v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{ц})$, оскільки парова фаза там ще не утворюється. В даному випадку час перебування системи комірок I в економайзерній зоні, який позначимо через $t_{к,1}^*(h_1(\tau/\tau_{ц}), \tau/\tau_{ц})$, розраховується на основі такого виразу:

$$t_{к,1}^*(h_1(\tau / \tau_{ц}), \tau / \tau_{ц}) = \frac{h_1(\tau / \tau_{ц})}{v_{\text{вх}}(\tau / \tau_{ц})}, \quad 0 \leq h \leq h_1(\tau / \tau_{ц}) . \quad (6)$$

На другому інтервалі $h_1(\tau/\tau_{ц}) \leq h \leq H$ (рис. 5), тобто від початкової точки зони кипіння і до точки виходу з гріючої трубки (рис. 3), як і в розглянутому вище випадку без економайзерної зони, вважаємо, що швидкість руху

$v^*(h, \tau/\tau_{II})$ системи комірок II зростає за прямо пропорційним законом. Проводячи аналогічну до виразу (1) методику отримання прямолінійно зростаючого закону зміни швидкості руху (підйому) системи комірок для нашого випадку з наявною економайзерною зоною стосовно другого інтервалу $h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H$ (рис. 5) гріючої трубки (рис. 3), отримаємо, що за граничних умов $v^*(h_1(\tau/\tau_{II}), \tau/\tau_{II}) = v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{II})$ та $v^*(H, \tau/\tau_{II}) = v_{\text{вих}}(\tau/\tau_{II})$ шукана швидкість $v^*(h, \tau/\tau_{II})$ визначатиметься з такого рівняння:

$$\frac{h - h_1(\tau/\tau_{II})}{H - h_1(\tau/\tau_{II})} = \frac{v^*(h, \tau/\tau_{II}) - v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{II})}{v_{\text{вих}}(\tau/\tau_{II}) - v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{II})}, \quad h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H. \quad (7)$$

Після певних перетворень рівняння (7), шукану швидкість $v^*(h, \tau/\tau_{II})$ для інтервалу $h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H$ остаточно можна записати в такому вигляді:

$$v^*(h, \tau/\tau_{II}) = \frac{v_{\text{вих}}(\tau/\tau_{II}) - v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{II})}{H - h_1(\tau/\tau_{II})} \cdot h + \frac{v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{II}) \cdot H - v_{\text{вих}}(\tau/\tau_{II}) \cdot h_1(\tau/\tau_{II})}{H - h_1(\tau/\tau_{II})}, \quad (8)$$

$$h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H.$$

Стосовно визначення часу перебування системи комірок у другому інтервалі $h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H$, який у даному випадку позначимо через $t_{\kappa,2}^*(h_1(\tau/\tau_{II}), H, \tau/\tau_{II})$, застосуємо аналогічну до попереднього випадку методику складання диференціального рівняння. Таким чином, отримуємо:

$$t_{\kappa,2}^*(h_1(\tau/\tau_{II}), H, \tau/\tau_{II}) = \int_{h_1(\tau/\tau_{II})}^H \frac{dh}{v^*(h, \tau/\tau_{II})}. \quad (9)$$

Після певних перетворень підінтегрального виразу (9), на основі виразу (8), для випадку з наявною економайзерною зоною, остаточно знайдемо аналітичний вираз для шуканого часу контакту $t_{\kappa,2}^*(h_1(\tau/\tau_{II}), H, \tau/\tau_{II})$ системи комірок II з поверхнею гріючої трубки на другому її інтервалі $h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H$ в такому вигляді:

$$t_{\kappa,2}^*(h_1(\tau/\tau_{II}), H, \tau/\tau_{II}) = \frac{H - h_1(\tau/\tau_{II})}{v_{\text{вих}}(\tau/\tau_{II}) - v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{II})} \cdot \ln \frac{v_{\text{вих}}(\tau/\tau_{II})}{v_{\text{вх}}(\tau/\tau_{II})}, \quad (10)$$

$$h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H.$$

Об'єднуючи час $t_{\kappa,1}^*(h_1(\tau/\tau_{II}), \tau/\tau_{II})$ перебування системи комірок на першому інтервалі $0 \leq h \leq h_1(\tau/\tau_{II})$ гріючої трубки (рис. 3, рис. 5), який знаходиться на основі виразу (6), та час $t_{\kappa,2}^*(h_1(\tau/\tau_{II}), H, \tau/\tau_{II})$ перебування системи комірок на другому її інтервалі $h_1(\tau/\tau_{II}) \leq h \leq H$, що знаходиться на основі виразу (10), остаточно отримаємо, що повний час $t_{\kappa}^*(h_1(\tau/\tau_{II}), H, \tau/\tau_{II})$ контакту системи комірок з поверхнею гріючої трубки від точки входу в неї до точки виходу з неї з наявною економайзерною зоною становитиме:

$$t_k^*(h_1(\tau/\tau_{ц}), H, \tau/\tau_{ц}) = \frac{h_1(\tau/\tau_{ц})}{v_{вх}(\tau/\tau_{ц})} + \frac{H - h_1(\tau/\tau_{ц})}{v_{вих}(\tau/\tau_{ц}) - v_{вх}(\tau/\tau_{ц})} \cdot \ln \frac{v_{вих}(\tau/\tau_{ц})}{v_{вх}(\tau/\tau_{ц})}. \quad (11)$$

Таким чином, отримано аналітичний вираз (5) для визначення часу контакту $t_k(H, \tau/\tau_{ц})$ системи комірок I, тобто кристалів цукру–міжкристалічних розчинів сахарози–утфелью для випадку, коли швидкість від точки входу цієї системи в нижню частину вертикальної гріючої трубки до верхньої точки виходу з трубки зростає прямо пропорційно (рис. 4), і який залежить від висоти гріючої трубки H (рис. 3) та відносного часу уварювання цукрового утфелью $\tau/\tau_{ц}$.

Також отримано явний аналітичний вираз (11) для визначення повного часу контакту $t_k^*(h_1(\tau/\tau_{ц}), H, \tau/\tau_{ц})$ системи комірок I та II, тобто спочатку відсутня парова фаза, а потім вона утворюється на поверхні гріючої трубки, для випадку, коли швидкість від точки входу цієї системи в нижню частину вертикальної гріючої трубки до кінця економайзерної зони (рис. 3) є постійною величиною (рис. 5), а з початкової точки зони кипіння до верхньої точки виходу з трубки (рис. 3) зростає прямо пропорційно (рис. 5). Знайдений час контакту $t_k^*(h_1(\tau/\tau_{ц}), H, \tau/\tau_{ц})$ залежить від висоти економайзерної зони в гріючій трубці $h_1(\tau/\tau_{ц})$, повної висоти гріючої трубки H та відносного часу уварювання цукрового утфелью $\tau/\tau_{ц}$.

На основі експериментальних даних [7, 8] для окремого випадку задамо такі числові значення для швидкості входу утфелью в гріючу трубку в момент часу $\tau/\tau_{ц} = 0,15$: $v_{вх}(\tau/\tau_{ц}) = v_{вх}(0,15) = 0,1$ м та в момент часу $\tau/\tau_{ц} = 1,0$: $v_{вх}(\tau/\tau_{ц}) = v_{вх}(1,0) = 0,01$ м. Також на основі тих же експериментальних даних [7, 8] задамо числові значення для швидкості виходу утфелью з гріючої трубки в момент часу $\tau/\tau_{ц} = 0,15$: $v_{вих}(\tau/\tau_{ц}) = v_{вих}(0,15) = 0,5$ м та в момент часу $\tau/\tau_{ц} = 1,0$: $v_{вих}(\tau/\tau_{ц}) = v_{вих}(1,0) = 0,02$ м. Висоту гріючої трубки приймаємо рівною $H = 0,98$ м, тоді час перебування комірок системи I в гріючій трубці на основі формули (5) дорівнюватиме $t_k(H, \tau/\tau_{ц}) = t_k(0,98; 0,15) = 3,94$ с та $t_k(H, \tau/\tau_{ц}) = t_k(0,98; 1,0) = 67,93$ с.

На основі даних [7] виберемо відносну висоту економайзерної зони при $\tau/\tau_{ц} = 0,15$: $h_1(\tau/\tau_{ц})/H = h_1(0,15)/H = 0,58$ та при $\tau/\tau_{ц} = 1,0$: $h_1(\tau/\tau_{ц})/H = h_1(1,0)/H = 0,92$. У результаті при довжині гріючої трубки $H = 0,98$ м отримаємо, що $h_1(\tau/\tau_{ц}) = h_1(0,15) = 0,568$ м, та $h_1(\tau/\tau_{ц}) = h_1(1,0) = 0,902$ м. Тоді час перебування комірок системи II у гріючій трубці на основі формули (11) дорівнюватиме $t_k(H; h_1(\tau/\tau_{ц}); \tau/\tau_{ц}) = t_k(0,98; 0,568; 0,15) = 7,34$ с та $t_k(H; h_1(\tau/\tau_{ц}); \tau/\tau_{ц}) = t_k(0,98; 0,902; 1,0) = 95,59$ с.

Висновки

Для двох різних варіантів системи комірок: кристали цукру–міжкристалічні розчини сахарози–утфель та парова бульбашка–кристали цукру–міжкристалічні розчини сахарози–утфель при певних припущеннях знайдено аналітичні вирази (5) — для випадку відсутньої економайзерної зони та вираз (11) — для випадку наявної економайзерної зони для визначення повного часу контакту згаданих вище систем комірок з поверхнею гріючої трубки

нагрівальної камери вакуум-апарата. На основі експериментальних даних за формулами (5) та (11) для окремого випадку знайдено час контакту систем комірок I та II з поверхнею гріючої камери, що змінюється в межах від 3,94 с для $\tau/\tau_{ц} = 0,15$ за відсутності економайзерної зони до 95,59 с для $\tau/\tau_{ц} = 1,0$ за наявності економайзерної зони.

Література

1. *Погорельий Т.М.* Математическое моделирование процесса рекристаллизации на основании аналитических решений нестационарных задач теплопроводности в двухмерном случае для прямоугольных областей с неоднородными (непрерывными и разрывными на одной из сторон) граничными условиями и неоднородными начальными условиями / Т.М. Погорельий, В.Г. Мирончук // Тезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену, 10—13 сентября 2012 г. — Том 1, Часть 2.— Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2012.— С. 761—764.

2. *Погорілий Т.М.* Об'ємна геометрична модель кристалів цукру в системі комірок: кристали цукру—міжкристальні розчини сахарози—парова бульбашка // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — Т. 20, № 5.— С. 141—151.

3. *Погорілий Т.М.* Об'ємна геометрична модель міжкристального розчину сахарози в системі комірок кристали цукру—міжкристальні розчини сахарози—парова бульбашка // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — Т. 21, № 2. — С. 139—150.

4. *Погорілий Т.М.* Об'ємна геометрична модель парової бульбашки в системі комірок: кристали цукру—міжкристальні розчини сахарози—парова бульбашка // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — Т. 21, № 4.— С. 154—163.

5. *Погорілий Т.М.* Об'ємна геометрична модель системи комірок: кристали цукру—міжкристальні розчини сахарози—парова бульбашка // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — Т. 21, № 5.— С. 134—140.

6. *Попов В.Д.* Основы теории тепло- и массообмена при кристаллизации сахарозы. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 320 с.

7. *Тройно В.П.* Исследование теплообмена и циркуляции в процессе уваривания сахарных утфелей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: КТИПП. — К., 1963. — 24 с.

8. *Интенсификация* процесса уваривания утфелей / Гаряжа В.Т., Артюхов Ю.Г., Кулинченко В.Р., Дидушко Б.В. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 152 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ КОНТАКТА СИСТЕМ ЯЧЕЕК С ПОВЕРХНОСТЬЮ ГРЕЮЩЕЙ ТРУБКИ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ ВАКУУМ-АППАРАТА

Т.М. Погорельий, В.Г. Мирончук

Національний університет пищевых технологий

К.О. Штангеев

Институт последипломного образования НУПТ

В статье представлены результаты определения полного времени контакта систем ячеек с поверхностью греющей трубки нагревательной камеры вакуум-аппарата. Определение искомого времени контакта проводилось при

определенных предположениях для следующих двух случаев: а) без учета экономайзерной зоны, когда скорость движения системы ячеек от точки входа в греющую трубку и до точки выхода из неё происходит по прямо пропорциональному нарастающему закону; б) с учетом экономайзерной зоны, когда скорость движения системы ячеек от точки входа в греющую трубку до конца экономайзерной зоны является величиной постоянной, а из точки начала зоны кипения и до точки выхода из греющей трубки — подчиняется прямо пропорциональному нарастающему закону. Используя полученные аналитические выражения, на основании экспериментальных данных по распределению скоростей утфеля при входе в греющую трубку и на выходе из неё для частичных случаев было найдено время контакта системы ячеек с поверхностью греющей трубки.

Ключевые слова: *скорость, время контакта, высота подъема, ячейка, экономайзерная зона.*

УДК 664.653.8

EFFECT OF TEMPERATURE ON RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LIQUID WHEAT SOURDOUGH

Y. Dolomakin

National University of Food Technologies

Key words:

*Wheat sourdough
Rheology
Viscometer
Temperature
Shear stress
Viscosity*

Article history:

Received 05.11.2015
Received in revised form
13.11.2015
Accepted 23.12.2015

Corresponding author:

Y. Dolomakin
E-mail:
dyy76@mail.ru

ABSTRACT

The rheological properties of the liquid wheat sourdough were determined as well as the effect of the temperature on its structural and mechanical properties, followed by the possibility of their use for the design of modern equipment. The temperature of 24...35 °C is optimal for the mixing stage of sourdough preparation, because it provides necessary mass flow with a uniform distribution of prescription components in it. The obtained structural and mechanical characteristics of the product confirmed a significant influence of test parameters on the structure. The results will simplify the choice of mixing device and its operation modes, which are sufficient to consider the device an ideal mixer.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА РЕОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІДКОЇ ПШЕНИЧНОЇ ОПАРИ

Ю.Ю. Доломакін

Національний університет харчових технологій

У статті вивчено реологічні властивості рідкої пшеничної опари та характер впливу температури на її структурно-механічні властивості з поодальшою можливістю їх застосування для проектування сучасного обладнання. Температура проведення технологічної операції змішування опари 24...35 °C є оптимальною, забезпечуючи необхідну текучість маси при рівномірному розподіленні в ній рецептурних компонентів. Отримані структурно-механічні характеристики продукту підтверджують значний вплив досліджуваного параметра на його структуру, що в подальшому полегшить вибір змішувального пристрою та режимів його роботи, достатніх для того, щоб вважати апарат ідеальним змішувачем.

Ключові слова: пшенична опара, реологія, віскозиметр, температура, напруження зсуву, в'язкість.

Постановка проблеми. Пшеничне борошно можна віднести до біополімерних матеріалів, яке знаходить широке застосування в харчовій промисловості.

Найбільш поширеними способами його переробки у виробі є перемішування, екструзія, пресування тощо. При формуванні біополімерних матеріалів основне значення мають процеси течії в умовах зсувного деформування. За будь-якої швидкості переробки існує взаємозв'язок між температурою, прикладеною напругою, тиском всебічного стискання, з одного боку, і в'язкістю, еластичністю та іншими властивостями біополімерів — з іншого. Вивченням усіх аспектів деформування матеріалів під впливом прикладених напруг займається спеціальний розділ механіки — реологія.

У процесі переробки біополімерних матеріалів відбувається їх деформування, яке супроводжується структурними перетвореннями і зміною реологічних властивостей полімерів.

Зміна температури очевидно призводить до зміни практично всіх властивостей біополімерних матеріалів, тому питання вивчення впливу температурного фактора на їх реологічні властивості є актуальним.

Аналіз наукових публікацій. Одним із основних завдань, пов'язаних з гідродинамікою течії псевдопластичних рідин, до яких відноситься опара, є визначення реологічних залежностей.

Для апроксимації експериментальних даних найбільш поширеною в літературі є залежність Оствальда де Віля (степеневий закон), згідно з яким в'язкість апроксимується формулою [1]:

$$\eta = K \left| \frac{I_2}{2} \right|^{\frac{n-1}{2}}, \quad (1)$$

де I_2 – квадратичний інваріант тензора швидкості деформації:

$$\begin{aligned} \frac{I_2}{2} = & 2 \left[\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} \right)^2 \right] + \\ & + \left[\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial v_z}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial z} \right]^2 + \left[\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right]^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Коефіцієнти K і n у загальному випадку залежать від швидкості зсуву і визначаються дослідним шляхом.

Для простого зсуву, коли відмінними від нуля є тільки компоненти τ і $\dot{\gamma}$, рівняння для визначення напружень має вигляд [1]:

$$\tau = K |\dot{\gamma}|^{n-1} \dot{\gamma}, \quad (3)$$

а для в'язкості:

$$\eta = K |\dot{\gamma}|^{n-1}. \quad (4)$$

Слід зазначити, що рівняння (4) є рівнянням прямої в логарифмічних координатах, проте криві течії найчастіше не є прямими, тому вони апроксимуються рівнянням (3) по частинах. Оскільки рідкі опари є псевдопластичними рідинами ($n < 1$), то при малих швидкостях деформації рівняння (3) також не може застосовуватись, бо значення в'язкості при цьому прогнозується безмежно великим.

У випадку неізотермічної течії (температура опари більша або менша за температуру навколишнього повітря) необхідно враховувати залежність в'язкості від температури. Показник степеня в багатьох випадках мало залежить від температури, а залежність коефіцієнта K від температури часто враховується законом Арреніуса [2]:

$$K = K_0 \exp \left[-\frac{\beta(T - T_0)}{T_0 + 273} \right], \quad (5)$$

де K_0 — коефіцієнт консистенції, знайдений для температури T_0 , а β — температурний коефіцієнт, який визначається експериментально. Тоді рівняння (3) набуває вигляду:

$$\tau = K_0 |\dot{\gamma}|^{n-1} \dot{\gamma} \exp \left[-\frac{\beta(T - T_0)}{T_0 + 273} \right]. \quad (6)$$

Дослідження реологічних властивостей рідких опар є об'єктом багатьох праць, у яких напрацьовано значний експериментальний матеріал віскозиметричних досліджень [3, 4, 7].

Мета дослідження. Виявлення впливу температури на реологічні властивості біополімерних систем, зокрема властивостей рідкої пшеничної опари залежно від температури технологічного процесу її виробництва.

Матеріали і методи дослідження. Матеріалом для досліджень слугувала рідка пшенична опара вологістю 65 %. Опара готувалася з борошна пшеничного вищого ґатунку, вологість борошна складала $13,8 \pm 0,2$ %.

Вивчення реологічних характеристик рідкої опари проводили за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2» з циліндричним пристроєм в інтервалах температур проведення технологічного процесу виготовлення подібної сировини [5].

Прилад відноситься до CR-реометрів (англ. Controlled Rate Rheometer). В реометрах цього типу градієнт швидкості $\dot{\gamma}$ задається, а напруження зсуву τ визначається (система Сарле (Searle)).

Вимірювальний механізм приладу являє собою механічно-електричний перетворювач крутного моменту. Для вимірювання моменту обертання, чинного на обертовому вимірювальному циліндрі, використовується обертання вимірювального вала щодо приводного валу в напрямку, зворотному дії двоступеневого динамометра. Приладовий потенціометр, пов'язаний з динамометром і включений в мостову схему, відтворює величину відносного обертання. При цьому початковий сигнал (обертаючий момент) перетворюється на пропорційний йому аналоговий сигнал струму. Перемикачем діапазон τ динамометра встановлювали діапазони зсувної напруги в положення I і II з відношенням між ними приблизно рівним 1:10. Така можливість забезпечувала вимірювання зсувної напруги в широких межах без заміни вимірювального пристрою. Перемикач діапазону проводили за будь-яких умов роботи, тобто при обертанні вимірювального вала. Для цього встановлювали до упору перемикач діапазону в разі діапазону I біля лівого кінцевого положення, а в разі діапазону II у правому кінцевому положенні.

В'язкість текучого матеріалу залежить більшою мірою від температури. При вимірюванні в'язкості потрібно завжди точно визначати температуру. Для цього у «Реотест-2» вимірювальна ємність з дослідним матеріалом оточена термостатуючою банею. При цьому при підключенні до рідинного циркуляційного термостата забезпечується бездоганне термостатування вимірювального зазору.

Термостатуюча рідина вибиралася згідно з інструкцією з експлуатації термостата, діапазон температур у нашому випадку складав від 24 °С до 35 °С, тому як рідину використовували дистильовану воду.

Для встановлення консистентних властивостей системи рідких опар зразки поміщали в вимірювальний пристрій і термостатували протягом 30 хв при відповідних температурах. При цьому користувалися таким правилом: низька в'язкість і малі кільцеві зазори вимірювального пристрою вимагають більш короткого часу термостатування.

Після термостатування починали з вимірювань. Для проведення вимірювань можна виходити з того, що з точки зору функціонування приладу немає жорстких вимог щодо послідовності проведення робіт. Метод проведення вимірювань узгоджувався з конкретним досліджуваним матеріалом.

Під час вимірювань циліндр приладу обертали в вимірювальному пристрої при 24 швидкостях зсуву, ресструючи показники індикаторного приладу на кожній ступені. На підставі отриманих результатів розраховували величини граничного напруження зсуву та структурної в'язкості і будували реограми течії систем.

Результати і обговорення. Вивчення температурної залежності в'язкості біополімерних матеріалів необхідне для розуміння механізму процесу їх течії і з'ясування зв'язку між структурою рідкої опари та її поведінкою при деформуванні.

Між розрахованими вимірними значеннями і реологічними параметрами існує такий взаємозв'язок: зрушувальне напруження τ і швидкість зсуву $\dot{\gamma}$ відносяться до радіуса внутрішнього циліндра коаксіальної циліндричної системи.

Зсувне напруження дорівнює добутку постійної циліндра на значення шкали на індикаторному приладі, Па:

$$\tau = z \times \alpha, \quad (7)$$

де z — постійна циліндра, вказана в паспорті приладу, $z = 0,637$ Па/поділок шкали; α — значення шкали на індикаторному приладі, поділок шкали.

Зміна напруження зсуву передусім призводить до отримання кривої в'язкості.

З основного закону візкозиметрії [6]:

$$\tau = \eta \times \dot{\gamma}, \quad (8)$$

звідки в'язкість — це відношення

$$\eta = \tau / \dot{\gamma}, \quad (9)$$

де $\dot{\gamma}$ — швидкість зсуву, с^{-1} .

Отримані та розраховані результати узагальнені в таблиці.

Наступний етап досліджень передбачає побудову кривих течії (рис. 1) та структурної в'язкості (рис. 2) рідкої пшеничної опари вологістю 65 % за температур, які знаходяться в діапазоні від 24 до 35 °С. У результаті матема-

тичної обробки дослідних даних, отримані криві описуються експоненціальними функціями типу $\tau = K e^{-n/\gamma}$ саме для напруження зсуву τ :

за температури:

$$24\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad \tau = 57,3 e^{-17/\gamma} \quad (10)$$

$$28\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad \tau = 56,4 e^{-22/\gamma} \quad (11)$$

$$35\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad \tau = 56 e^{-25/\gamma} \quad (12)$$

де K і n — емпіричні коефіцієнти, знайдені під час дослідів; e — основа натурального логарифму.

Для структурної в'язкості η криві описуються степеневими функціями типу $\eta = K \dot{\gamma}^{-n}$ і мають такий вигляд:

за температури:

$$24\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad \eta = 4,3 \dot{\gamma}^{-0,5} \quad (13)$$

$$28\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad \eta = 3,66 \dot{\gamma}^{-0,49} \quad (14)$$

$$35\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \rightarrow \quad \eta = 3,5 \dot{\gamma}^{-0,5} \quad (15)$$

Для дослідження більш широкого діапазону швидкості зсуву продукту побудуємо криві структурної в'язкості в логарифмічних координатах. Криві в'язкості в подвійних логарифмічних координатах порівняно з цими ж кривими в лінійних координатах дають більш чітке уявлення про швидкість її зміни.

При логарифмуванні рівнянь (13—15) отримаємо рівняння, з якого очевидно, що графічна залежність у подвійних логарифмічних координатах $\lg \eta - \lg \dot{\gamma}$ буде прямою лінією. Це означає, що криві в'язкості, які можуть бути описані ступеневим реологічним рівнянням Оствальда де Вале, в подвійних логарифмічних координатах апроксимуються прямими лініями (рис. 3).

Таблиця. Зміна напруження зсуву і в'язкості рідкої опари від температури

Швидкість зсуву $\dot{\gamma}$, c^{-1}	Покази індикаторного приладу α , поділок шкали			Зсувне напруження τ , Па			В'язкість η , Па·с		
	24 °C	28 °C	35 °C	24 °C	28 °C	35 °C	24 °C	28 °C	35 °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,5	4,9	4,6	4,8	3,1213	2,9302	3,0576	6,2426	5,8604	6,1152
0,9	6,1	5,2	5,9	3,8857	3,3124	3,7583	4,317444	3,680444	4,175889
1	6,5	5,6	6,1	4,1405	3,5672	3,8857	4,1405	3,5672	3,8857
1,5	7,5	6,7	6,8	4,7775	4,2679	4,3316	3,185	2,845267	2,887733
1,8	8,5	7,1	7,4	5,4145	4,5227	4,7138	3,008056	2,512611	2,618778
2,7	9,9	8,9	9	6,3063	5,6693	5,733	2,335667	2,099741	2,123333
3	10,6	9,6	9,6	6,7522	6,1152	6,1152	2,250733	2,0384	2,0384
4,5	13,1	11,2	11,1	8,3447	7,1344	7,0707	1,854378	1,585422	1,571267
5,4	14,8	12,8	12,5	9,4276	8,1536	7,9625	1,745852	1,509926	1,474537
8,1	18,8	16,2	15,7	11,9756	10,3194	10,0009	1,478469	1,274	1,234679
9	20,4	17,2	16,5	12,9948	10,9564	10,5105	1,443867	1,217378	1,167833
13,5	25,9	21,8	21	16,4983	13,8866	13,377	1,222096	1,028637	0,990889
16,2	28,9	24,6	22,9	18,4093	15,6702	14,5873	1,136377	0,967296	0,900451
24,3	37,6	31,2	29	23,9512	19,8744	18,473	0,985646	0,817877	0,760206

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27	40	33,4	30,5	25,48	21,2758	19,4285	0,943704	0,787993	0,719574
40,5	53	42,5	40	33,761	27,0725	25,48	0,833605	0,668457	0,629136
48,6	59,1	48	43,8	37,6467	30,576	27,9006	0,774623	0,629136	0,574086
72,9	77,5	63,8	57,9	49,3675	40,6406	36,8823	0,677195	0,557484	0,50593
81	82,9	67,2	61,9	52,8073	42,8064	39,4303	0,651942	0,528474	0,486794
121,5	83	80,9	78,5	52,871	51,5333	50,0045	0,435152	0,424142	0,41156
145,8	83,1	82	82	52,9347	52,234	52,234	0,363064	0,358258	0,358258
218,7	83,2	82,1	82,1	52,9984	52,2977	52,2977	0,242334	0,23913	0,23913
243	83,3	82,5	84,2	53,0621	52,5525	53,6354	0,218363	0,216265	0,220722
437,4	83,4	82,7	84,3	53,1258	52,6799	53,6991	0,121458	0,120439	0,122769

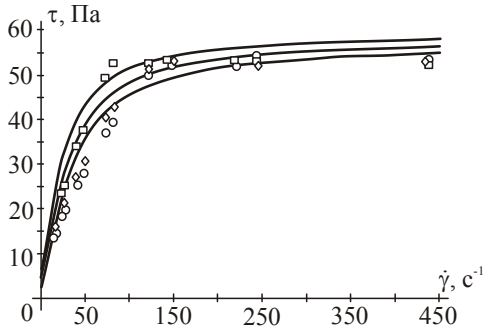


Рис. 1. Криві течії опари вологістю 65 % за різних температур (□ — 24 °С; ◇ — 28 °С; О — 35 °С)

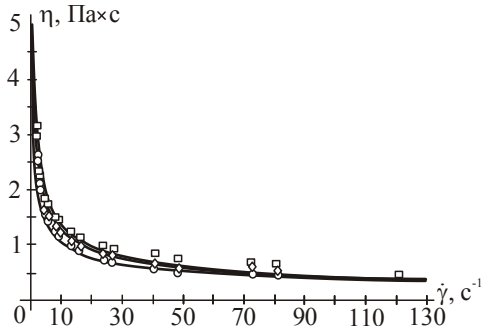


Рис. 2. Криві в'язкості опари вологістю 65 % за різних температур (□ — 24 °С; ◇ — 28 °С; О — 35 °С)

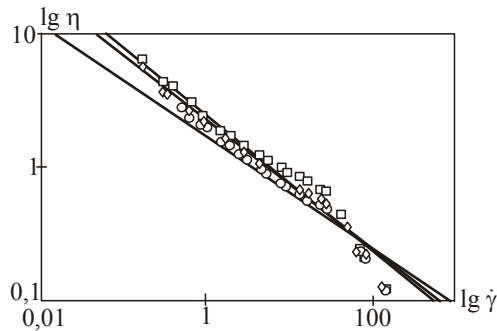


Рис. 3. Криві в'язкості опари в подвійних логарифмічних координатах (□ — 24 °С; ◇ — 28 °С; О — 35 °С)

Висновки

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити такі висновки: зміна напруження зсуву τ в діапазоні температур від 24 до 35 °С: при її зростанні, зменшує коефіцієнт консистенції рідкої пшеничної опари K в межах 2,3 %, тоді як абсолютні значення при малих швидкостях зсуву дають різницю у 6,1 %. Якщо напруження зсуву збільшуються на порядок, різниця складає вже 25,5 %, тому можна стверджувати, що при зростанні температури продукту напруження зсуву зменшуються.

Така ж тенденція характерна для структурної в'язкості η . При зростанні температури коефіцієнт консистенції зменшується на 18,6 %. Що стосується абсолютних значень, то різниця складає 11,8 % при малих швидкостях зсуву, тоді як при великих значеннях — усього 1,2 %. З практичної точки зору зниження температури призводить до підвищення в'язкості опари, що, у свою чергу, призводить до збільшення дисипації енергії і, як наслідок, до зростання його температури при механічній обробці.

При підвищенні температури до 35 °C структурна в'язкість опари знижується, але не перетворюється на ньютонівську систему, в ній так само домінують тиксотропні властивості, що пояснюється зменшенням внутрішньої молекулярної взаємодії.

На основі отриманих даних встановлено, що температурний режим приготування опари (процес змішування) в межах 24...35 °C створює достатню плинність маси для безперешкодного проведення технологічного процесу і тиксотропність маси, що забезпечує рівномірний розподіл борошняних часток у дисперсійному середовищі.

З технологічної точки зору опара, замішана при високій температурі, має слабшу консистенцію і при бродінні швидше розріджується. При підвищенні температури до 35 °C збільшується швидкість набухання і пептизації колоїдів, інтенсифікується дія ферментів, у результаті чого послаблюється клейковина.

Література

1. Радченко Л.Б. Переробка термопластів методом екструзії: Наук. посіб. — К.: ІЗМН, 1999. — 220 с.
2. Мікульонюк І.О., Радченко Л.Б. Переробка вторинної сировини екструзією. — К.: НТУУ “КПІ”, 2006. — 184 с.
3. Flander L., Suortti T., Katina K., Poutanen K. Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread / LWT - Food Science and Technology. — 2011. — Vol. 44, Issue 3. — P. 656—664.
4. Galle S., Schwab C., Elke K. Arendt, Michael G. Gänzle Structural and rheological characterization of heteropolysaccharides produced by lactic acid bacteria in wheat and sorghum sourdough // Food Microbiology. — 2011 —Vol. 28, Issue 3. — P. 547—553.
5. Malkin A.Y., Isayev A.I. *Rheology*. Concepts, Methods, and Applications / 2nd edition. — ChemTech Publishing, 2012. — 510 p.
6. Rao M.A. *Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods: Principles and Applications* / 3rd ed. — Springer New York, Heidelberg, Dordrecht, London, 2014. — 461 p.
7. Пирогов А.Н. Реологические свойства сырья, полуфабрикатов и готовых изделий хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств / А.Н. Пирогов, А.А. Леонов, А.В. Шилов; КТИПП. — Кемерово, 2008. — 164 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖИДКОЙ ПШЕНИЧНОЙ ОПАРЫ

Ю.Ю. Доломакин

Национальный университет пищевых технологий

В статье изучены реологические свойства жидкой пшеничной опары и установлен характер влияния температуры на ее структурно-механические

свойства с последующей возможностью их применения для проектирования современного оборудования. Температура проведения технологической операции смешивания опары 24...35 °С является оптимальной, обеспечивая необходимую текучесть массы при равномерном распределении в ней рецептурных компонентов. Полученные структурно-механические характеристики продукта подтверждают значительное влияние исследуемого параметра на его структуру, что в дальнейшем облегчит работу по выбору смешивающего устройства и режимов его работы, достаточных для того, чтобы считать аппарат идеальным смесителем.

Ключевые слова: пшеничная опара, реология, вискозиметр, температура, напряжение сдвига, вязкость.

УДК 532.5

RESEARCH OF OPERATIONAL PARAMETERS OF HYDRODYNAMIC CAVITATION AT PROCESSING COMPLEX HETEROGENEOUS SYSTEMS

A. Dolinsky, L. Avdeeva, E. Zhukotsky, A. Makarenko

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

Key words:

*Hydrodynamic cavitation
Diaphragm
Phospholipids
Spectroscopy
Cavitator*

Article history:

Received 15.11.2015
Received in revised form
27.11.2015
Accepted 16.12.2015

Corresponding author:

A. Dolinsky

E-mail:

npnuft@ukr.net

ABSTRACT

The results of experimental study of influence of hydrodynamic cavitation creation conditions on the intensification of mass transfer processes in the solid-liquid phase are presented in this paper. The advantages of using hydrodynamic static cavitator are shown. The cavitator used in the experiment is described in details. The influence of nozzle device geometry on the processing of complex liquid heterogeneous systems was discussed. The results of experimental studies of the influence of a diaphragm, which was installed in a stream after cavitator, on the average particle diameter are presented. The results of the research of phospholipid system stability are given.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ПРИ ОБРОБЦІ СКЛАДНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ

А.А. Долінський, Л.Ю. Авдєєва, Е.К. Жукотський, А.А. Макаренко

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

У статті наведено результати експериментальних досліджень з визначення впливу умов виникнення гідродинамічної кавітації на інтенсифікацію масообмінних процесів у системі тверда фаза–рідина. Показано переваги використання гідродинамічного кавітатора статичного типу і детально описано кавітатор, який використовувався у дослідженнях. Розглянуто вплив геометрії соплового пристрою на обробку рідких складних гетерогенних систем. Наведено результати експериментальних досліджень впливу діафрагми, яку було встановлено в потоці після кавітатора, на умовний середній діаметр утворених частинок, а також результати дослідження стабільності системи фосфоліпідів.

Ключові слова: *гідродинамічна кавітація, діафрагма, фосфоліпідів, спектроскопія, кавітатор.*

Постановка проблеми. Інтенсифікація виробничих процесів, а також вирішення проблем енерго- та ресурсозбереження в різних галузях промисло-

вості останнім часом набуває все більш важливого значення. Одним з ефективних способів досягнення високих технологічних результатів у масообмінних і гідродинамічних процесах при обробленні рідких гетерогенних систем є кавітаційні впливи на оброблювані середовища [1, 2].

Мета дослідження. Визначити раціональні теплофізичні параметри гідродинамічної кавітації для ефективної обробки рідких багатокомпонентних систем.

Виклад основних результатів дослідження. В умовах гідродинамічної кавітації, відразу за встановленим у потоці кавітатором у вигляді диска, конуса, циліндра тощо, виникає локальне розрідження до тиску насиченої пари, що викликає утворення паро-газових зародків. При їх зростанні утворюються кавітаційні каверни, заповнені насиченою паровою рідиною і розчиненим газом. При розвиненій кавітації утворюється кавітаційна зона, повністю заповнена кавернами. У початковий момент часу тиск всередині каверни нижчий за тиск у рідині. При віддаленні каверни від області пониженого тиску тиск у рідині підвищується, тому в момент його максимального значення під впливом сил поверхневого натягу каверна стискається, поширюється ударна хвиля, яка спричиняє пульсації тисків і виникнення кумулятивних мікроструменів. Відбуваються фазові переходи, пульсації температури й тиску. Таким чином, кожна кавітаційна каверна являє собою гідродинамічний реактор, що пояснює інтенсифікацію фізико-механічних процесів, перебіг яких відбувається на поверхні частинки [1—4].

Гідродинамічна кавітація може здійснюватися в апаратах різної конструкції і різними методами. Розрізняють такі її різновиди: статична, динамічна, переміжна, відцентрова, соплова, щілинна, струменева, примусова, термічна, парова, газова тощо. Апарати, основані на використанні явищ гідродинамічної кавітації, призначаються для обробки рідких гетерогенних систем з метою змішування, емульгування, розчинення, диспергування, гомогенізації, аерації, сатурації тощо. На ефект кавітації значно впливають конструкція і принципи роботи апарата [4, 5].

Для дослідження впливу гідродинамічної кавітації на гетерогенні системи в Інституті технічної теплофізики розроблено і змонтовано експериментальний стенд, на якому були проведені дослідження впливу кавітаційних ефектів на дисперсність дослідних систем фосфоліпідів.

За основу створення кавітатора нами було взято сопло Лавалю, яке можна віднести до кавітаторів статичного типу. Статичні гідродинамічні кавітатори характеризуються невеликими габаритами при високій продуктивності. Характерні особливості даного типу обладнання — забезпечення високої інтенсифікації хіміко-технологічного процесу і його безперервності, можливість реалізації значних величин деформацій і напруг зсуву, інтенсивний гідродинамічний і кавітаційний вплив, що обумовлює високу якість змішування компонентів, інтенсифікацію дифузійних процесів простоту і надійність апаратного оформлення. Економічна ефективність застосування гідродинамічних кавітаторів обумовлена низькою металоємністю обладнання, невисокими трудовитратами з обслуговування й експлуатації порівняно з емнісною перемішувальною апаратурою.

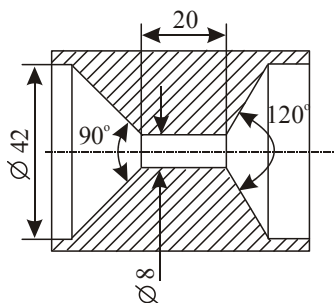


Рис. 1. Сопло для створення кавітації

При проходженні рідини в потоці через звуження, а потім через розширення в каналі в потоці виникають вихроутворення, відривні течії і кавітація. Перераховані ефекти впливають на частки рідини і сприяють їх інтенсивному дробленню і гомогенізації, спричиняють зсув граничних прикордонних шарів на частинках. Також така конструкція характеризується великим перепадом тисків при протіканні рідини з конфузора в дифузор, що позитивно впливає на створення кавітації [6].

У процесі дослідження як кавітатор (рис. 1) для створення гідродинамічної кавітації використовувалося сопло з такими геометричними розмірами: діаметр вхідного і вихідного каналу 42 мм, кут розкриття конфузора 90°, кут розкриття дифузора 120°, довжина горловини сопла 20 мм. Дослідження проводилися при різних діаметрах горловини сопла: 4 мм, 6 мм, 8 мм, 10 мм, 12 мм, 16 мм при диспергуванні до 11 циклів обробки. Дослідним матеріалом виступала водна суспензія фосфоліпідів з концентрацією 5 % і початковою температурою матеріалу 40 ± 2 °С.

Практично інтенсивність перебігу кавітаційних процесів оцінювали за ефективністю обробки складної гетерогенної системи й розміру утворених везикул фосфоліпідів. Діаметр частинок вимірювався способом фотонної кореляційної спектроскопії на лазерному фотон-кореляційному спектрометрі Zetasizer-3 (Malvern Instruments, Велика Британія) [7, 8].

Нами було досліджено вплив діафрагми, яка було встановлена в потоці після кавітатора, на умовний середній діаметр утворених частинок. На рис. 2 представлені результати дослідження впливу площі отвору діафрагми на середній діаметр утворених частинок при $D_{\text{вн}} = 8$ мм, $C_0 = 5\%$, $t = 40 \pm 2$ °С. Перша крива показує результати досліджень зразка при повністю відкритому отворі діафрагми, тобто відношення площі поперечного перерізу отвору діафрагми до площі поперечного перерізу труби дорівнює 1 ($S_{\text{diaf}}/S=1$), друга крива показує результати досліджень зразка при перекритті перерізу отвору діафрагми на 25 % площі ($S_{\text{diaf}}/S=0,75$), третя крива показує результати досліджень зразка при перекритті перерізу отвору діафрагми на 75 % площі ($S_{\text{diaf}}/S=0,25$). Як видно з графіка (рис. 2), найменший діаметр утворених частинок при всіх циклах обробки спостерігається при перекритті потоку на 75 %. Отримані висновки підтверджуються і при інших діаметрах кавітатора.

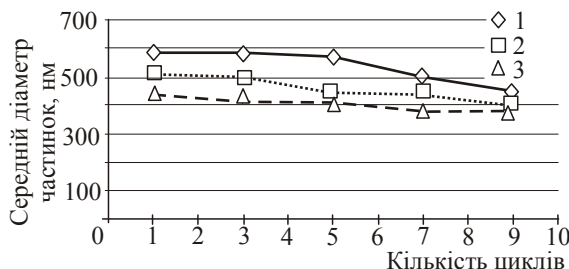


Рис. 2. Вплив площі отвору діафрагми на середній діаметр утворених частинок при $D_{\text{вн}} = 8$ мм, $C_0 = 5\%$, $t = 40 \pm 2$ °С: 1 — $S_{\text{diaf}}/S=1$; 2 — $S_{\text{diaf}}/S=0,75$; 3 — $S_{\text{diaf}}/S=0,25$

Проведені дослідження показали суттєве значення геометрії соплового пристрою на ефективність диспергування обраного матеріалу і розвинення кавітаційних явищ (рис. 3). Дослідження дозволили встановити, що при зменшенні діаметра горловини з 16 мм до 10 мм середній умовний діаметр частинок зменшується приблизно в 1,5 раза — від 650 нм до 490 нм. При подальшому зменшенні діаметра горловини сопла до 6 мм і 4 мм дисперсність одержаної системи зменшується до 450 нм, але при цьому значна частина матеріалу залишалася необробленою за 9 циклів диспергуванні, що пояснюється незначними витратами рідини при даних діаметрах і значним збільшенням тривалості обробки.

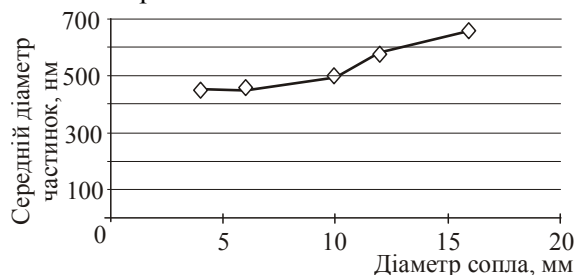


Рис. 3. Вплив діаметра кавітатора на середній діаметр утворених частинок при $C_0 = 5\%$, $t = 40 \pm 2^\circ\text{C}$ і 5 циклах обробки

Важливою характеристикою системи з високою дисперсністю є її стабільність при витримуванні впродовж певного часу. Результати досліджень визначення розподілу частинок дисперсії за розміром за температури $4 \pm 0,2^\circ\text{C}$ наведені на рис. 4. Як бачимо, дослідні зразки характеризуються високою стабільністю.

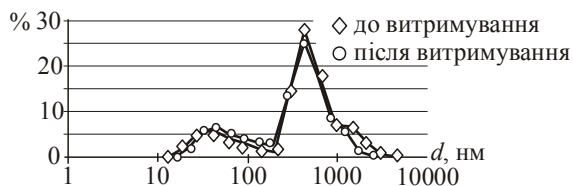


Рис. 4. Розподіл дисперсності частинок за розмірами дослідних зразків безпосередньо після обробки і після 7 діб зберігання в охолодженому стані

Висновки

Дослідження показали високу ефективність використання гідродинамічної кавітації при обробці рідких складних гетерогенних систем для отримання ліпідних наноструктур із заданими властивостями. Комплекс проведених досліджень дозволив охарактеризувати вплив геометрії соплового пристрою та використання діафрагми на ефективність диспергування обраного матеріалу. Дослідження показали високу стабільність утвореної системи, що підтверджує високу ефективність запропонованої обробки.

Література

1. Долинский А.А. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах // А.А. Долинский, Г.К. Иваницкий. — К.: Наукова думка, 2008. — 382 с.

2. Долинский А.А. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях // А.А. Долинский, Б.И. Басок, И.С. Гулый, А.И. Накорчевский, Ю.А. Шурчкова. — К.: Наукова думка, 1996. — 208 с.

3. Федоткин И.М. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов). Ч. 1 / И.М. Федоткин, И.С. Гулый. — К.: Полиграфкнига, 1997. — 838 с.

4. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах / Т.М. Вітенько. — Тернопіль: ТДТУ ім.І.Пулюя, 2009. — 220 с.

5. Кнэпп Р. Кавитация / Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. — М.: Мир, 1974. — 687 с.

6. Кулагин В.А. Перспектива развития кавитационных нанотехнологий / В.А. Кулагин. — ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», 2010. — С. 48—51.

7. Yegin B. Lipid nanocapsule size analysis by hydrodynamic chromatography and photon correlation spectroscopy // Yegin B., Lamprecht A. — International Journal of Pharmaceutics, 2006. — № 320. — P. 165—170.

8. Henk G. Merkus. Particle Size Measurements. Fundamentals, Practice, Quality. — Springer, 2009. — 533 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ

А.А. Долинский, Л.Ю. Авдеева, Э.К. Жукотский, А.А. Макаренко
Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по определению влияния условий возникновения гидродинамической кавитации на интенсификацию массообменных процессов в системе твердая фаза–жидкость. Показаны преимущества использования гидродинамического кавитатора статического типа и подробно описан кавитатор, который использовался в исследованиях. Рассмотрено влияние геометрии соплового устройства на обработку жидких сложных гетерогенных систем. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния диафрагмы, которая была установлена в потоке после кавитатора, на условный средний диаметр образованных частиц, а также результаты исследования стабильности системы фосфолипидов.

Ключевые слова: гидродинамическая кавитация, диафрагма, фосфолипиды, спектроскопия, кавитатор.

METHODS FOR SOLVING PROBLEMS IN GEOMETRIC THEORY OF PROBABILITY ON A PLANE

O. Gerasin

National University of Food Technologies

Key words:

Buffon-Sylvester Problem
(n-1)-convex sets
Integral geometry
Geometrical probability

Article history:

Received 01.11.2015
Received in revised form
24.11.2015
Accepted 18.12.2015

Corresponding author:

O. Gerasin
E-mail:
agerasin@ukr.net

ABSTRACT

Some questions of integral geometry and geometric probability are investigated in the article. The problem considered by J.J. Sylvester got the name of Buffon-Sylvester Problem. R. Ambartzumian gave proof of a generalized version of this problem under the condition "If the sets are in general position so that no three endpoints are collinear". It turns out that the use of the (n-1)-convex sets method leads to considerable simplifications. In our case we don't assume any conditions about the position of the sets. The new geometric probability formulas are got and a practical algorithm for the calculation is created.

МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ НА ПЛОЩИНІ

О.І. Герасін

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено питання інтегральної геометрії і геометричної теорії ймовірностей. Розглянуто варіант узагальненої задачі Бюфона-Сильвестра. Використано апарат (n-1)-опуклих множин, для зняття умови множини знаходяться в загальному положенні. Отримано нові формули геометричної теорії ймовірностей і створено практичний алгоритм для обчислення задач геометричної ймовірності на площині, який використовує властивості 1-опуклих множин.

Ключові слова: задача Бюфона-Сильвестра, (n-1)-опуклі множини, інтегральна геометрія, геометричні ймовірності.

Постановка проблеми. А. Реньї (Reny, 1955) і А. Часар (Csaszar, 1955) побудували аксіоматичну теорію ймовірностей, що була використана в задачах геометричної ймовірності. Теорія спирається на аксіоматику А.Н. Колмогорова в комбінації з ідеєю умовних ймовірностей, властивості яких постулюються [8].

Оскільки міра геометричних множин встановлена, розв'язування окремих задач проходить без виникнення парадоксів або інших труднощів, які пов'я-

зані з аксіоматизацією. А. Пуанкаре показав, що для того, щоб міра прямих, які перетинають обмежену опуклу множину на площі, була інваріантна відносно поворотів і трансляцій, вона повинна бути пропорційною периметру опуклої множини. Припустимо, що коефіцієнт пропорційності дорівнює одиниці, тому міра прямих, що перетинають, наприклад, коло, дорівнює $2\pi R$.

У 1891 р. Дж. Сильвестр [11] спробував розв'язати задачу, яка стала відома пізніше під назвою «задачі Бюфона-Сильвестра»: на площині зафіксовано n голок $g_1 \dots g_n$ в загальному положенні (тобто жодні три вершини голок

не лежать на одній прямій). Знайти міру множини $\bigcup_1^n [g_i]$ і $\bigcap_1^n [g_i]$, де $[g]$ —

сукупність прямих, що розділяють кінці g .

Дж. Сильвестр довів, що шукані інваріантні міри «виявляються діофантовими лінійними функціями сторін повної $2n$ -кутної фігури, вершинами якої служать n пар кінців голок». Повністю задача була розв'язана Р.В. Амбарцумяном [1]. Ним же була розв'язана задача, в якій множину голок було замінено набором опуклих множин. Для множин, що знаходяться у загальному положенні, Р.В. Амбарцумяном була знайдена формула [1], що повністю описує ситуацію. Коли ж множини знаходяться в незагальному положенні, виникають ситуації, що не охоплюються формулою Амбарцумяна.

Мета статті. Знайти міру прямих, що перетинають декілька обмежених множин, та міру прямих, що не перетинають ці множини, але перетинають опуклу оболонку цих множин.

Виклад основного матеріалу. У процесі досліджень, з'ясувалося, що природним апаратом для вирішення задач, пов'язаних з інваріантними мірами, є $(n-1)$ -опуклі множини, які запропонував у 1987 р. Ю.Б. Зелінський [7]. Визначення основних понять, що використовуються в дослідженні, можна знайти в [2—5]. Нам знадобиться поняття $(n-1)$ -опуклої множини [7] та опуклої оболонки [9].

Означення 1. Множина $A \subset R^n$ має назву $(n-1)$ -опукла, якщо через будь-яку точку $x \in R^n / A$ можна провести гіперплощину H , що не перетинає A .

Означення 2. Перетин усіх опуклих множин, що містять задану множину $A \subset R^n$, називають опуклою оболонкою множини A і позначають так:

$$\hat{A} = \text{conv}(A) = \bigcap_{K \supset A} K,$$

де K є опуклою множиною.

Так само можна визначити поняття $(n-1)$ -опуклої оболонки.

Означення 3. Перетин усіх $(n-1)$ -опуклих множин, що містять задану множину $A \subset R^n$, називають $(n-1)$ -опуклою оболонкою множини A і позначають так:

$$\hat{A}_{(n-1)} = \text{conv}_{(n-1)}(A) = \bigcap_{K \supset A} K,$$

де K є $(n-1)$ -опукла множина.

Використаємо властивості $(n-1)$ -опуклих множин, що досліджені у [2—3].

Означення 4. Нехай $A \subset R^n$ — множина, що складається з двох непорожніх опуклих компонент A_1 і A_2 , тоді для опуклої оболонки \hat{A} множини A існує рівність [2]:

$$\hat{A} = \text{conv}(A_1 \cup A_2) = \bigcup_{\substack{x_1 \in A_1 \\ x_2 \in A_2}} x_1 x_2 .$$

Для кожного відрізка $x_1 x_2$ визначимо точки $f_1 \in \overline{\partial A_1}$ і $f_2 \in \overline{\partial A_2}$, які найбільш близько розташовані до точок $x_1 \in \overline{A_1}$ і $x_2 \in \overline{A_2}$ відповідно. Визначимо множини $F_i, i = 1, 2$ як сукупність точок, побудованих для будь-яких відрізків $x_1 x_2$.

У [2, 3] визначені властивості множин $F_i, i = 1, 2$ для $(n-1)$ -опуклих множин. Наведені нижче теореми 1, 2 характеризують F -множини $(n-1)$ -опуклих множин.

Теорема 1. (Теорема 2 [2]). Нехай $A \subset R^n$ — $(n-1)$ -опукла множина, що складається з двох непорожніх опуклих компонент A_1 і A_2 . Якщо A_2 — обмежене опукле тіло, то множина $\partial A_2 \setminus F_2$ непорожня і межа множини F_2 гомеоморфна кулі D^{n-1} . Для множин, що не є $(n-1)$ -опуклими, це невірне.

Теорема 2. Нехай $A \subset R^n$ — $(n-1)$ -опукла множина, що складається з двох непорожніх компонент — обмежених опуклих тіл A_1 і A_2 , тоді межові точки множин $F_i, i = 1, 2$ не можуть бути точками гладкості [9, с. 101].

Критерій $(n-1)$ -опуклості для множини, що складається з двох не порожніх компонент — обмежених опуклих тіл A_1 і A_2 , надано у [2].

Теорема 3. (Теорема 5 [2]). Замкнена множина $A \subset R^n$, що складається з двох опуклих тіл — компонент A_1 і A_2 , і в яких через кожну межу точку проходить хоча б одна гіперплощина, опорна до цієї компоненти та не перетинає іншу компоненту, завжди є $(n-1)$ -опуклою множиною. У статті розглядається 1-опуклі множини як варіант $(n-1)$ -опуклих множин на площині, коли $n=2$.

Нехай K множина на площині, що складається з двох обмежених компонент K_1 і K_2 , і нехай L_1 і L_2 — довжини їхніх меж. Назвемо зовнішнім шківом C_Z множин L_1 і L_2 межу опуклої оболонки $K_1 \cup K_2$. Зовнішній шків інтуїтивно можна уявити, як замкнений натягнутий шнур, що охоплює K_1 і K_2 .

Якщо $K_1 \cap K_2 = \emptyset$ (рис. 1), маємо змогу розглядати внутрішній шків C_V , отриманий як замкнений натягнений шнур, що охоплює K_1 і K_2 , але такий, що має точку перетину O . Точки A, B, C, D — суть точки дотику дотичних AB і CD відповідно до множин K_1 і K_2 .

Позначимо як L_Z, L_V довжину, відповідно, зовнішнього та внутрішнього шківів C_Z, C_V , тоді міра множини всіх прямих, що розділяють множини K_1 і K_2 , дорівнює:

$$\mu(> K_1, K_2 <) = L_V - (L_1 + L_2). \quad (1)$$

Доведення представлено у [10].

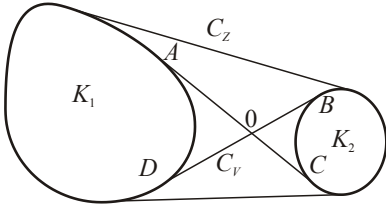


Рис. 1. Зовнішній і внутрішній шкві

Зауваження 1. З рис. 1 випливає, що міра множини всіх прямих, що розділяють множини K_1 і K_2 , дорівнює сумі довжин двох дотичних, мінус довжини дуг $\cup AD, \cup BC$. Дуги $\cup AD, \cup BC$ гладкі криві, що належать до F -множин 1-опуклої оболонки множини $K_1 \cup K_2$. З теореми 3 випливає, що кожна опорна пряма до точок цих дуг не перетинає внутрішніх точок K_1 і K_2 :

$$\mu(> K_1, K_2 <) = |AC| + |BD| - (|\cup AD| + |\cup BC|). \quad (2)$$

Після цього отримуємо:

а) міра множини всіх прямих, що перетинають множини K_1 і не перетинають K_2 , дорівнює $L_1 - (L_V + L_Z)$; міра множини всіх прямих, що перетинають множини K_2 і не перетинають K_1 , дорівнює $L_2 - (L_V + L_Z)$;

б) міра множини всіх прямих, що перетинають множини K_1 і K_2 , дорівнює $L_V - L_Z$;

в) міра множини всіх прямих, що перетинають хоча б одну з множин K_1 і K_2 , дорівнює $L_1 + L_2 - (L_V - L_Z)$.

Остання формула в) випливає з теорії міри:

$$\mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B) - \mu(A \cap B).$$

У термінах геометричної ймовірності ці результати можуть бути сформульованими таким чином: нехай K_1 і K_2 — дві обмежені множини на площині. Якщо H' — випадково вибрана пряма, що перетинає опуклу оболонку множин $K_1 \cup K_2$, то:

а) ймовірність того, що пряма H' перетинає множини K_1 і не перетинає K_2 , дорівнює:

$$P(H' \cap L_1 \neq \emptyset, H' \cap L_2 = \emptyset) = \frac{L_1 - (L_V + L_Z)}{L_Z};$$

і, аналогічно, що пряма H' перетинає множини K_2 і не перетинає K_1 , дорівнює:

$$P(H' \cap L_2 \neq \emptyset, H' \cap L_1 = \emptyset) = \frac{L_2 - (L_V + L_Z)}{L_Z};$$

б) ймовірність того, що пряма H' перетинає множини K_1 і K_2 дорівнює:

$$P(H' \cap K_1 \cap K_2 \neq \emptyset) = \frac{L_V - L_Z}{L_Z};$$

в) ймовірність того, що пряма H' розділяє множини K_1 і K_2 , дорівнює:

$$P(H' \cap L_2 = \emptyset, H' \cap L_1 = \emptyset) = \frac{L_V - (L_1 + L_2)}{L_Z};$$

г) ймовірність того, що пряма H' перетинає хоча б одну з множин K_1 і K_2 , дорівнює:

$$P(H' \cap K_1 \cup K_2 \neq \emptyset) = \frac{L_1 + L_2 - (L_V - L_Z)}{L_Z}.$$

Розв'язок узагальненої задачі Сильвестра.

Нехай K сукупність опуклих множин і K_i $i = 1, n$, її компоненти, що не перетинаються на площині. Розглянемо тільки ті прямі, які мають не менше двох точок дотику до множини K (рис. 2), а також випадок, коли на дотичній прямій знаходиться сторона багатокутника або лінійна частина межі опуклої множини. У результаті отримаємо зв'язок голок і дотичних прямих на площині, де голка — відрізок на площині, який поєднує компоненти K . Пряма, на якій знаходиться голка, має назву афінної оболонки голки.

Розглянемо множину прямих дотичних до компонент K . Оскільки умова про «загальне положення» ігнорується, то множина прямих складається з чотирьох категорій.

Будь-яка пряма H' поділяє площину на дві напівплощини \bar{H}_1 і \bar{H}_2 . Нехай підмножина $K' \subset K$ знаходиться на напівплощині \bar{H}_1 і торкається H' , а $K'' \subset K$ знаходиться на напівплощині \bar{H}_2 :

1. Якщо множина $K'' \subset K$ порожня, то можна стверджувати, що пряма H' має тип Z . Тобто множина Z — це множина прямих, дотичних до межі $\text{conv}(K)$. Голки, що лежать на прямій Z , мають той же тип, що й пряма.

2. Якщо множина $K'' \subset K$ не порожня, але її компоненти не торкаються прямої H' , то можна стверджувати, що пряма H' має тип F . Голки, що лежать на прямій F , мають той же тип, що й пряма.

3. Якщо множина $K'' \subset K$ не порожня, та її компоненти торкаються прямої H' , маємо два випадки. Дві компоненти знаходяться в різних напівплощинах (рис. 2, тип V) пряма H' має тип V . Тільки одна голка, що поєднує дві компоненти з різних напівплощин, має назву голка типу V .

4. Якщо множина $K'' \subset K$ не порожня, її компоненти торкаються прямої H' і три компоненти по черзі знаходяться в різних напівплощинах (рис. 2, тип C), то можна стверджувати, що пряма H' має тип C . Голки, що лежать на прямій C , мають той же тип, що й пряма.

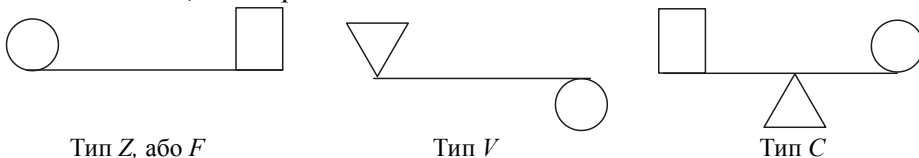


Рис. 2. Типи дотичних прямих

Нехай сукупність $K_i, i=1, n$ багатокутники. У випадку, коли хоч одна з множин не є багатокутником, граничний перехід дає бажаний результат. На рис. 3 зображено систему з двох багатокутників.

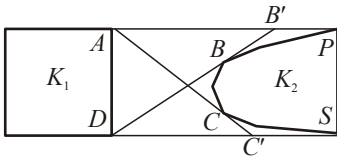


Рис. 3. Система з двох багатокутників

З формули 2 отримуємо формулу для міри прямих, що розділяють багатокутники K_1 і K_2 :

$$\mu(> K_1, K_2 <) = |AC| + |BD| - (|AD| + |BC|), \quad (3)$$

де $|BC|$ — ламана; $a|BC|$ — довжина ламаної.

Криволінійні трикутники $BB'P$ і $CC'S$ мають таку властивість: крізь будь-яку точку цих трикутників не можна провести пряму, що не перетинає K_1 і K_2 , тому ці трикутники не належать 1-опуклій оболонці $K_1 \cup K_2$, а ламані BP і CS не належать до межі 1-опуклої оболонки $K_1 \cup K_2$. Тобто 1-опукла оболонка $K_1 \cup K_2$ — це сукупність прямокутника K_1 і семикутника $BB'PSC'C$. Ламана BC входить до F -множини 1-опуклої оболонки $K_1 \cup K_2$.

Повернемося до розгляду сукупності $K_i, i=1, n$. Розглянемо множини прямих $\{H'\}$, що розділяють компоненти K на дві підмножини $K'' \subset K$ і $K' \subset K$, але не торкаються K . Слід зазначити, що прямі належать до одного атома, якщо вони розділяють однакові підмножини K . Якщо множина $K'' \subset K$ порожня, то прямі належать до нульового атома $\{H'\}_0$. Апарат 1-опуклих множин дозволяє спрощено знайти міру кожного атома. Мінімальна сукупність голок, довжини яких беруть участь в обчисленні, називатиметься z -каркас атома. z -каркас атома $\{H'\}_0$ — межа множини $\text{conv}(K)$, тобто сукупність голок типу Z і сторін багатокутників $K_i, i=1, n$, що знаходяться на прямих типу Z .

Розглянемо довільний атом. Опуклу оболонку множин K_i , що знаходяться з одного боку, назвемо K_1 , з іншого — K_2 (рис. 3), де z -каркас довільного атома визначає певну сукупність голок. Це дві дотичні типу V (позначимо V_1 і V_2), що перетинають атом, і ламані F_1 і F_2 . Тобто сукупність дотичних типу V і сторін багатокутників K_i , що входять до відповідних F -множин. Формулу (2) можна записати у такому вигляді:

$$\mu(> K_1, K_2 <) = |V_1| + |V_2| - (|F_1| + |F_2|). \quad (4)$$

Розглянемо сукупність усіх атомів множини $K_i, i=1, n$ і відповідні z -каркаси цих атомів. Множини z -каркасів різних атомів не перетинаються. Об'єднання z -каркасів усіх атомів множини K можна назвати z -каркасом множини K . До нього належать усі голки, що лежать на прямій Z та F і мають той самий тип, що й прямі. До z -каркасу входить тільки по одній голці з кожної прямої типу V . Це голки типу V . Інші голки, що належать

прямій V , а також голки, що належать прямій C , до z -каркасу не входять. Тобто z -каркас складається з голок і урізаних багатокутників K_i^U $i=1, n$. Урізаний багатокутник K_i^U — це ламана, що створена такими сторонами відповідного багатокутника K_i , що їх афінна оболонка не перетинає внутрішні точки K і не належить до прямих типу V і C .

Якщо якась компонента не є багатокутником і межа опуклої множини D_i — крива лінія, тоді урізана компонента D_i^U не має таких дуг, у точках гладкості яких дотична перетинає внутрішні точки K або збігається з прямими типу V і C .

З викладеного вище випливають такі твердження 1, 2, 3.

Твердження 1. Для сукупності K_i $i=1, n$. — n багатокутників, що не перетинаються на площині, міра множини всіх прямих, що перетинають опуклу оболонку множин $\cup K_i$ $i=1, n$ і не перетинають жодної множини K_i $i=1, n$, дорівнює:

$$\mu(>\cup_i K_i, n<) = \sum_V |g_i| - (\sum_F |\vee K| + \sum_F |g_i|), \quad (4)$$

де $\sum_T |g_i|$ — сума довжин голок типу T . T набуває значення V, Z, F , $\sum_F |\vee K|$ — сума довжин сторін багатокутників K типу F .

Твердження 2. Для сукупності K_i $i=1, n$. — n багатокутників, що не перетинаються на площині, міра множини всіх прямих, що перетинають хоча б одну компоненту K , дорівнює:

$$\mu(>H' \cap (\cup_i K_i, n) \neq \emptyset <) = \sum_Z |g_i| + \sum_{i=1}^n |K_i^U| + \sum_F |g_i| - \sum_V |g_i|, \quad (5)$$

де $\sum_{i=1}^n |K_i^U|$ — сума периметрів урізаних багатокутників.

При процедурі граничного переходу будь-яка (небагатокутна) множина D_i повинна бути замінена послідовністю $D_i^{(n)}$, $D_i^{(n)} \subset D_i$ багатокутників, що апроксимують D_i . Далі записується диофантове розкладення [1, с. 110] для міри $\mu(f(D_i^{(n)}))$ і обчислюється його границя, коли $n \rightarrow \infty$.

Твердження 3. Нехай множина D — система опуклих областей D_i $i=1, n$, що не перетинаються на площині, тоді міра множини всіх прямих, що перетинають опуклу оболонку множин $\cup D_i$ $i=1, n$ і не перетинають жодної множини D_i $i=1, n$, дорівнює:

$$\mu(>\cup_i D_i, n<) = \sum_V |g_i| - (\sum_F |\cup D| + \sum_F |g_i|), \quad (6)$$

де $\sum_F |\cup D|$ — сума довжин дуг областей D , що належать до F -множин.

Міра множини всіх прямих, що перетинають хоча б одну компоненту D , дорівнює:

$$\mu(\langle H' \cap (\bigcup_i D_i, i=1, n) \neq \emptyset \rangle) = \sum_Z |g_i| + \sum_{i=1}^n |D_i^U| - \sum_V |g_i|, \quad (7)$$

де $\sum_K |P_i^U(D)|$ — сума периметрів урізаних областей D .

Приклад 1. Нехай множина складається з трьох квадратів, довжиною сторони 4. Координати вершин першого квадрата $K_1 \in A(2,4), B(6,4), C(6,0), D(2,0)$. Центр квадрата $C_1^*(4,2)$. Другий квадрат $K_2 = A_1B_1C_1D_1$ отримано паралельним переносом до центру $C_2^*(14,2)$, а третій $K_3 = A_2B_2C_2D_2$ до центру $C_3^*(9,-2)$.

Сторони DC, A_2B_2, D_1C_1 належать прямій типу C , тому в обчисленнях не беруть участь.

Голки типу S мають довжину:

$$|BD_2| = |A_1C_2| = \sqrt{8^2 + 1} = \sqrt{65}, \quad |CA_1| = |BD_1| = \sqrt{4^2 + 6^2} = \sqrt{52}.$$

Голки типу F мають довжину:

$$|BB_2| = |A_1A_2| = \sqrt{4^2 + 5^2} = \sqrt{41}, \quad |BC| = |A_2D_2| = |A_1D_1| = |B_2C_2| = 4.$$

F -множина $\vee K = BC \cup A_2D_2 \cup A_1D_2 \cup B_2C_2$. Сума $\sum_F |\vee K| = 16$.

Спочатку обчислимо множини всіх прямих, що перетинають опуклу оболонку множин $\bigcup_i K_i, i=1, 3$ і не перетинають жодної множини K_i .

Формула 4 має вигляд:

$$\mu(\langle \bigcup_i K_i, i=1, 3 \rangle) = \sum_V |g_i| - (\sum_F |g_i| + \sum_F |\vee K|) = 2(\sqrt{65} + \sqrt{52}) - 2(\sqrt{41} + 8). \quad (8)$$

Визначимо міру множини всіх прямих, що перетинають хоча б одну компоненту K . Формула 5 має вигляд:

$$\mu(\langle H' \cap (\bigcup_i K_i, i=1, n) \neq \emptyset \rangle) = \sum_Z |g_i| + \sum_{i=1}^n |K_i^U| + \sum_F |g_i| - \sum_V |g_i|,$$

K_1^U — ламана $DABC$; K_2^U — ламана $D_1A_1B_1C_1$; K_3^U — ламана $B_2C_2D_2A_2$. Відсутні сторони знаходяться на прямій типу C (афінна оболонка відрізка DC_1). Зовнішні голки, які не належать K , це $BA_1, |BA_1|=6, C_1C_2, D_2D, |C_1C_2|=|D_2D|=\sqrt{41}$.

Оскільки $|BB_2| = |A_1A_2| = \sqrt{41}$, то $\sum_F |g_i| = 2\sqrt{41}$, $\sum_{i=1}^3 |K_i^U| = 36$. Звідси

$$\mu(\langle H' \cap (\bigcup_i K_i, i=1, 3) \neq \emptyset \rangle) = 4\sqrt{41} + 42 - 2(\sqrt{65} + \sqrt{52}).$$

Знаходимо опуклу оболонку K і її периметр:

$$\left| \text{conv}\left(\bigcup_i K_i, i=1, 3\right) \right| = 26 + 2\sqrt{41} .$$

Основний результат: отримано формули і створено алгоритм обчислення задач геометричної ймовірності на площині.

Нехай H' — випадково вибрана пряма, що перетинає опуклу оболонку множини K . Ймовірність того, що:

- вона не перетинає жодної з компонент:

$$P(H' \cap K_1 = \emptyset, H' \cap K_2 = \emptyset, H' \cap K_3 = \emptyset) = \frac{\mu\left(\bigcup_i K_i, i=1, 3\right)}{\left| \text{conv}\left(\bigcup_i K_i, i=1, 3\right) \right|} = \frac{\sqrt{65} + \sqrt{52} - (\sqrt{41} + 8)}{13 + \sqrt{41}} ;$$

- вона перетинає хоча б одну компоненту:

$$P(H' \cap \bigcup_i K_i, i=1, 3) = \frac{\mu\left(\bigcup_i H' \cap K_i, i=1, 3\right)}{\left| \text{conv}\left(\bigcup_i K_i, i=1, 3\right) \right|} = \frac{2\sqrt{41} + 21 - (\sqrt{65} + \sqrt{52})}{13 + \sqrt{41}} .$$

Висновки

У 1955 р. побудовано аксіоматичну теорію ймовірностей, що використовується в задачах геометричної ймовірності. Теорія спирається на аксіоматику Колмогорова в комбінації з ідеєю умовних ймовірностей, властивості яких постулюються. Міра геометричних множин встановлена, розв'язування окремих задач проходить без виникнення парадоксів або інших труднощів, які пов'язані з аксіоматизацією. В статті розглянуто варіант узагальненої задачі Бюфона-Сильвестра. Використано апарат $(n-1)$ -опуклих множин, для зняття умови множини знаходяться в загальному положенні. Отримано нові формули геометричної теорії ймовірностей і створено практичний алгоритм для обчислення задач геометричної ймовірності на площині, який використовує властивості 1-опуклих множин.

Література

1. Амбарцумян Р.В. Введение в стохастическую геометрию / Р.В. Амбарцумян, Л. Мекке, Л. Штоян. — М.: Наука, 1989. — 400 с.
2. Герасин А.И. Об $(n-1)$ -выпуклых множествах / А.И. Герасин // Некоторые вопросы анализа и дифференциальной топологии: Сб. Науч. Тр. Киев: Ин-тут математики АН УССР, 1988. — С. 8—14.
3. Герасин А.И. Обозримость $(n-1)$ -выпуклых множеств / А.И. Герасин // Комплексный анализ, алгебра и топология: Сб. Науч. Тр. Киев: Ин-тут математики АН УССР. — 1990. — С. 20—28.
4. Герасин А.И. О мерах на $(n-1)$ -выпуклых множествах / А.И. Герасин. — Киев, 1994. — 28 с.

5. Герасин А.И. Об инвариантных мерах / А.И. Герасин. — Киев, 1994. — 6 с.
6. Герасин О.І. Інваріантні міри на системах багатогранників / О.І. Герасин // Праці міжнародного геометричного центру. — 2014. — Том 7. — № 4. — С. 83—92.
7. Зелинский Ю.Б. Многозначные отображения в анализе / Ю.Б. Зелинский. — Киев: Наук. думка, 1993. — 264 с.
8. Кендалл М. Геометрические вероятности / М. Кендалл, П. Моран. — М. Наука, 1972. — 192 с.
9. Лехтвейс К. Выпуклые множества / К. Лехтвейс. — М.: Наука, 1965. — 336 с.
10. Сантало Л. Интегральная геометрия и геометрические вероятности / Л. Сантало. — М.: Наука, 1983. — 360 с.
11. Sylvester J.J. On a funicular solution of Buffon's "Problem of the needle" in its most general form / J.J. Sylvester // Acta Math. — 1890. — 14. — P. 185—205.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ НА ПЛОСКОСТИ

А.И. Герасин

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследованы некоторые вопросы интегральной геометрии и геометрической теории вероятностей. Рассмотрен вариант обобщенной задачи Бюффона-Сильвестра. Использован аппарат $(n-1)$ -выпуклых множеств, для снятия условия множества находятся в общем положении. Получены новые формулы геометрической теории вероятностей и создан практический алгоритм для вычисления задач геометрической вероятности на плоскости, который использует свойства 1 -выпуклых множеств.

Ключевые слова: *задача Бюффона-Сильвестра, $(n-1)$ -выпуклые множества, интегральная геометрия, геометрическая вероятность.*

EXACT SOLUTIONS OF MULTI-DIMENSIONAL NON-LINEAR WAVE EQUATIONS

O. Ostrovska, I. Yuryk

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<p><i>Exact solutions</i> <i>Wave equations</i> <i>Symmetry reduction</i> <i>Algebra of symmetries</i> <i>Reduced equation</i></p>	<p>A generalized symmetry reduction method is developed to construct new solutions of non-linear wave equations; namely, given a symmetry ansatz $u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k, \omega_{k+1}, \dots, \omega_L) + g(x)$, the solution is constructed by using a new ansatz $u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k, \omega_{k+1}, \dots, \omega_L) + g(x)$, where the variables $\omega_{k+1}, \dots, \omega_L$ are determined from the condition that the reduced equation corresponding to this ansatz coincides with the reduced equation corresponding to the symmetry ansatz. This provided a possibility to obtain essentially new exact solutions of non-linear wave equations, which cannot be obtained by using the classical S.Lie's method or the conditional symmetry method. The obtained solutions can be used in applied research and provide an effective tool to verify mathematical models.</p>
<p>Article history: Received 12.11.2015 Received in revised form 26.11.2015 Accepted 06.12.2015</p>	
<p>Corresponding author: O. Ostrovska E-mail: npnuht@ukr.net</p>	

ТОЧНІ РОЗВ'ЯЗКИ БАГАТОВИМІРНИХ НЕЛІНІЙНИХ ХВИЛЬОВИХ РІВНЯНЬ

О.В. Островська, І.І. Юрик

Національний університет харчових технологій

Для побудови нових розв'язків нелінійних хвильових рівнянь у статті запропоновано метод узагальненої симетрійної редукції, тобто за наявності симетрійного анзацу $u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k, \omega_{k+1}, \dots, \omega_L) + g(x)$ розв'язки варто будувати з допомогою нового анзацу $u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k, \omega_{k+1}, \dots, \omega_L) + g(x)$, де змінні $\omega_{k+1}, \dots, \omega_L$ можна визначити з умови, що редуковане рівняння, яке відповідає цьому анзацу, збігається з редукованим рівнянням, що відповідає симетрійному абзацу. Це надало можливість одержати принципово нові точні розв'язки нелінійних хвильових рівнянь, які неможливо отримати з використанням класичного методу С. Лі або методу умовної симетрії. Одержані розв'язки можуть бути використані у прикладних дослідженнях і стати ефективним інструментом перевірки адекватності математичних моделей.

Ключові слова: точні розв'язки, хвильові рівняння, симетрійна редукція, алгебра симетрії, редуковане рівняння.

Постановка проблеми. Одним з ефективних методів побудови розв'язків нелінійних рівнянь математичної фізики є метод симетрійної редукції рівняння до рівнянь з меншим числом змінних, зокрема до звичайних диференціальних рівнянь [1—3]. Цей метод ґрунтується на дослідженні підгрупової структури групи інваріантності даного диференціального рівняння. Розв'язки, одержувані при цьому, є інваріантними відносно підгрупи групи інваріантності рівняння. Слід відзначити, що інваріантність накладає дуже жорсткі умови на розв'язки, тому симетрійна редукція не дозволяє одержати достатньо широкі класи розв'язків. Розширити множину розв'язків можливо за реалізації ідеї умовної інваріантності диференціальних рівнянь [3—5]. Під умовною симетрією рівняння розуміють симетрію певної підмножини розв'язків. Для деяких важливих нелінійних рівнянь математичної фізики існують підмножини розв'язків, симетрія яких суттєво відрізняється від симетрії всієї множини розв'язків. Такі підмножини виділяють, як правило, з допомогою додаткових умов, які є диференціальними рівняннями в частинних похідних. Опис у явному вигляді цих додаткових умов є складною проблемою і, на жаль, ефективних методів її розв'язання не існує.

Метою дослідження є отримання нових точних розв'язків багатомірних нелінійних хвильових диференціальних рівнянь, які неможливо отримати з використанням класичного методу С. Лі або методу умовної симетрії.

Виклад основного матеріалу. Нові класи розв'язків рівнянь Ліувілля, синус-Гордона і Ейконала побудовані на основі методу, запропонованого у [6, 7]. Суть методу полягає у виконанні таких дій: нехай маємо рівняння в частинних похідних:

$$F(x, u, u_1, u_2, \dots, u_m) = 0; \quad (1)$$

$$u = u(x), \quad x = (x_0, x_1, \dots, x_n) \in R_{1,n},$$

де u — сукупність усіх похідних m -го порядку, і нехай рівняння (1) має нетривіальну алгебру симетрії. Для побудови розв'язків рівняння (1) використаємо симетрійний (або умовно-симетрійний) анзац [3]. Припустимо, що він має такий вигляд:

$$u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k) + g(x), \quad (2)$$

де $\omega_1 = \omega_1(x_0, x_1, \dots, x_k), \dots, \omega_k = \omega_k(x_0, x_1, \dots, x_k)$ — нові незалежні змінні.

Анзац (2) виділяє з усієї множини розв'язків рівняння (1) підмножину S . Побудуємо (якщо це можливо) новий анзац:

$$u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k, \omega_{k+1}, \dots, \omega_L) + g(x), \quad (3)$$

який є узагальненням анзацу (2). Тут $\omega_{k+1}, \dots, \omega_L$ — нові змінні, які необхідно визначити. Змінні $\omega_{k+1}, \dots, \omega_L$ будемо визначати з такої умови: редуковане рівняння, яке відповідає анзацу (3), збігається з редукованим рівнянням, що відповідає анзацу (2). Анзац (3) виділяє підмножину S_1 розв'язків рівняння (1), яке є розширенням підмножини S . Якщо відомі розв'язки підмножини S ,

то можна побудувати і розв'язки підмножини S_1 . Ці розв'язки будуються в такий спосіб: нехай $u = u(x, C_1, \dots, C_t)$ є багатопараметричною сім'єю розв'язків вигляду (2) рівняння (1), де C_1, \dots, C_t — довільні сталі. Більш загальну сім'ю розв'язків рівняння (1), можна одержати, якщо в розв'язку $u = u(x, C_1, \dots, C_t)$ сталі $C_i, i = 1, \dots, t$ вважати довільними гладкими функціями від $\omega_{k+1}, \dots, \omega_L$.

Розглянемо рівняння Ліувілля:

$$Wu + \lambda \exp u = 0. \tag{4}$$

Рівняння (4) інваріантне відносно алгебри Пуанкаре $AP(1, n)$ з такими базисними елементами:

$$\begin{aligned} J_{0a} &= x_0 \partial_a + x_a \partial_0, & J_{ab} &= x_b \partial_a - x_a \partial_b, \\ P_0 &= \partial_0, & P_a &= \partial_a, \quad a, b = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

Симетрійний анзац $u = \varphi(\omega_1)$, $\omega_1 = x_3$ редукує рівняння (4) до рівняння

$$\frac{d^2 \varphi}{d\omega^2} = \lambda \exp \varphi(\omega_1).$$

Інтегруючи це рівняння, отримуємо, що φ збігається з однією з таких функцій:

$$\begin{aligned} & \ln \left\{ \left(-\frac{C_1}{2\lambda} \right) \sec^2 \left[\frac{\sqrt{-C_1}}{2} (\omega_1 + C_2) \right] \right\}, \quad (C_1 < 0, \lambda > 0, C_2 \in R); \\ & \ln \left\{ \frac{2C_1 C_2 \exp(\sqrt{C_1} \omega_1)}{\lambda [1 - C_2 \exp(\sqrt{C_1} \omega_1)]} \right\}, \quad (C_1 > 0, \lambda C_2 > 0); \\ & -\ln \left(\sqrt{\frac{\lambda}{2}} \omega_1 + C \right)^2. \end{aligned}$$

Отже, отримаємо таку сім'ю розв'язків рівняння (4):

$$\begin{aligned} u &= \ln \left\{ \left(-\frac{h_1(\omega)}{2\lambda} \right) \sec^2 \left[\frac{\sqrt{-h_1(\omega)}}{2} (x_3 + h_2(\omega)) \right] \right\}, \quad (h_1(\omega) < 0, \lambda > 0); \\ u &= \ln \left\{ \frac{2 h_1(\omega) h_2(\omega) \exp(\sqrt{h_1(\omega)} x_3)}{\lambda [1 - h_2(\omega) \exp(\sqrt{h_1(\omega)} x_3)]} \right\}, \quad (h_1(\omega) > 0, \lambda h_2 > 0); \\ u &= -\ln \left(\sqrt{\frac{\lambda}{2}} x_3 + h(\omega) \right)^2, \end{aligned}$$

де $h_1(\omega), h_2(\omega), h(\omega)$ — довільні, двічі диференційовні функції, ω — довільний розв'язок системи:

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial x_0^2} - \frac{\partial^2 \omega}{\partial x_{L+1}^2} - \dots - \frac{\partial^2 \omega}{\partial x_n^2} = 0, \quad (5)$$

$$\left(\frac{\partial \omega}{\partial x_0} \right)^2 - \left(\frac{\partial \omega}{\partial x_{L+1}} \right)^2 - \dots - \left(\frac{\partial \omega}{\partial x_n} \right)^2 = 0.$$

Використовуючи, наприклад, розв'язок рівняння Ліувілля

$$u = \ln \frac{2(s-2)}{\lambda [x_0^2 - x_1^2 - \dots - x_s^2]}, \quad s \neq 2,$$

знаходимо широкий клас розв'язків цього рівняння

$$u = \ln \frac{2(s-2)}{\lambda [x_0^2 - x_1^2 - \dots - x_L^2 - (x_{L+1} + h_{L+1}(\omega))^2 - \dots - (x_s + h_s(\omega))^2]},$$

де ω — довільний розв'язок системи

$$W\omega_{s+1} = 0, \quad (\tilde{N}\omega_{s+1})^2 = 0, \quad \nabla\omega_i \cdot \nabla\omega_{s+1} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, s,$$

а $h_{L+1}(\omega), \dots, h_s(\omega)$ — довільні двічі диференційовні функції. Якщо $s = 3$, то рівняння (4) має в просторі $R_{1,3}$ таку сім'ю розв'язків:

$$u = \ln \frac{2}{\lambda [x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - (x_3 + h_3(\omega))^2]}.$$

Для рівняння синус-Гордона $Wu + \sin u = 0$.

Аналогічним способом отримаємо такі розв'язки:

$$u = 4 \operatorname{arctg} h_1(\omega) e^{\varepsilon_0 x_3} - \frac{1}{2}(1 - \varepsilon)\pi, \quad \varepsilon_0 = \pm 1, \quad \varepsilon = \pm 1;$$

$$u = 2 \arccos[dn(x_3 + h_1(\omega), m)] + \frac{1}{2}(1 + \varepsilon)\pi;$$

$$u = 2 \arccos[Cn\left(\frac{x_3 + h_1(\omega)}{m}, m\right)] + \frac{1}{2}(1 + \varepsilon)\pi, \quad 0 < m < 1,$$

де $h_1(\omega)$ — довільна, двічі диференційовна функція; ω — довільний розв'язок системи (5).

Розглянемо рівняння Ейконала:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_2} \right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_3} \right)^2 = 1. \quad (6)$$

Симетрійний анзац $u = \varphi(\omega_1)$, $\omega_1 = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2$ редукує рівняння (6) до такого рівняння:

$$4\omega_1 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \omega_1} \right)^2 - 1 = 0. \quad (7)$$

Узагальнений анзац шукатимемо у вигляді $u = \varphi(\omega_1, \omega_2)$. Цей анзац редукує рівняння (6) до такого рівняння:

$$4\omega_1 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \omega_1} \right)^2 + 2(\nabla \omega_1 \cdot \nabla \omega_2) \frac{\partial \varphi}{\partial \omega_1} + (\nabla \omega_2)^2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \omega_2} \right)^2 = 1. \quad (8)$$

Накладемо на рівняння (8) умову, за якою воно збігатиметься з редукованим рівнянням (7). Очевидно, ця умова буде виконуватись, якщо на змінну ω_2 накласти такі умови:

$$(\nabla \omega_2)^2 = 0, \quad \nabla \omega_1 \cdot \nabla \omega_2 = 0. \quad (9)$$

Розв'язавши систему (9), знаходимо явний вигляд змінної ω_2 . Очевидно, що довільна функція від розв'язку (9) є знову розв'язком системи (9).

Проінтегрувавши рівняння (7), знаходимо

$$(u + C)^2 = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2,$$

де C — довільна стала.

У результаті отримуємо більш загальну сім'ю розв'язків рівняння Ейконала, якщо C вважати довільним розв'язком системи (9).

Симетрійний анзац $u = \varphi(\omega_1, \omega_2)$, $\omega_1 = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2$, $\omega_2 = x_3$ узагальнюється в такий спосіб: нехай ω_3 — довільний розв'язок системи рівнянь

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \omega_3}{\partial x_0} \right)^2 - \left(\frac{\partial \omega_3}{\partial x_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial \omega_3}{\partial x_2} \right)^2 &= 0, \\ x_0 \frac{\partial \omega_3}{\partial x_0} + x_1 \frac{\partial \omega_3}{\partial x_1} + x_2 \frac{\partial \omega_3}{\partial x_2} &= 0. \end{aligned}$$

Тоді рівняння $u = \varphi(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ редукує рівняння Ейконала до рівняння

$$4\omega_1 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \omega_1} \right)^2 - \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \omega_2} \right)^2 = 1. \quad (10)$$

Рівняння (10) має такі розв'язки:

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{C_1^2 + 1}{2C_1} \left(x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 \right)^{1/2} + \frac{C_1^2 - 1}{2C_1} x_3 + C_2; \\ (\varphi + C_2)^2 &= x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - (x_3 + C_1)^2, \end{aligned}$$

які легко знайти методом симетрійної редукції рівняння (10) до звичайних диференціальних рівнянь. Замінивши довільні сталі C_1 і C_2 довільними функціями $h_1(\omega_3)$ і $h_2(\omega_3)$, одержимо більш широкі класи точних розв'язків рівняння Ейконала:

$$u = \frac{h_1(\omega_3)^2 + 1}{2h_1(\omega_3)} (x_0^2 - x_1^2 - x_2^2)^{1/2} + \frac{h_1(\omega_3)^2 - 1}{2h_1(\omega_3)} x_3 + h_2(\omega_3),$$

$$(u + h_2(\omega_3))^2 = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - (x_3 + h_1(\omega_3))^2.$$

Рівняння Борна-Інфельда є диференціальним наслідком рівняння Ейконала, що надає можливість побудувати також широкі класи точних розв'язків рівняння Борна-Інфельда.

Розглянемо рівняння Еконала:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x_0}\right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_1}\right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_2}\right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_3}\right)^2 = -1. \quad (11)$$

Симетрійний анзац $u = \varphi(\omega_1)$, $\omega_1 = x_3$ редукує рівняння (11) до рівняння

$$\varphi^2 = 1.$$

Редуковане рівняння має розв'язок $\varphi = \varepsilon x_3 + C$, $\varepsilon = \pm 1$, C — довільна стала. Замінивши сталу C довільною функцією $h(\omega_2)$, де ω_2 — розв'язок рівняння

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x_0}\right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_1}\right)^2 - \left(\frac{\partial u}{\partial x_2}\right)^2 = 0,$$

одержимо більш загальну сім'ю розв'язків рівняння (11):

$$u = \varepsilon x_3 + h(\omega_2).$$

Висновки

На основі узагальненої симетрійної редукції побудовано нові класи точних розв'язків рівнянь Ліувілля, синус-Гордона і Ейконала. Одержані розв'язки можуть бути використані у прикладних дослідженнях і стати ефективним інструментом перевірки адекватності математичних моделей.

Література

1. *Ovsianikov L.V.* Group Analysis of Different Equations. — Academi Press, 1982. — 400 p.
2. *Olver J.* Applications of Lie Groups to Differential Equations, Springer. — New York, 1986. — 497 p.
3. *Fushchych W.I., Shelten V.M. and Serov N.I.* Symmetry Analysis and Exact of Equations of Nonlinear Mathematical Physics, Kluwer. — Dordrecht, 1993. — 336 p.
4. *Fushchych W.I., Tsyfra I.M.* On a reduction and solutions of nonlinear wave equations with broken symmetry, J. Phys. A. — 1987. — V. 20, # 2. — P. 45—48.
5. *Levi D. and Winternitz P.* Non-classical symmetry reduction: example of the Boussinesq equation, J. Phys. A. — 1989. — V. 22, # 2. — P. 2915—2924.
6. *Barannyk A.F., Yuryk I.I.* On some exact solutions of nonlinear wave equations, Proceedings of the second International Conference «Symmetry in nonlinear mathematical Physics». — 1997. — V. 1. — P. 98—107.
7. *Barannyk A.F., Yuryk I.I.* On a new method for constructing the exact solutions of the nonlinear differential equations of mathematical physics, J. Phys. A. — 1998. — P. 4899—4907.

ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛНОВЫХ УРАВНЕНИЙ

О.В. Островская, И.И. Юрик

Национальный университет пищевых технологий

Для построения новых решений нелинейных волновых уравнений в статье предложен метод обобщенной симметричной редукции. то есть при наличии симметричного анзаца $u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k, \omega_{k+1}, \dots, \omega_L) + g(x)$ решения строятся с помощью нового анзаца $u = f(x)\varphi(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k, \omega_{k+1}, \dots, \omega_L) + g(x)$, где переменные $\omega_{k+1}, \dots, \omega_L$ определяются с условия, что редуцированное уравнение, которое соответствует этому анзацу, совпадает с редуцированным уравнением, которое соответствует симметричному анзацу. Это дало возможность получить принципиально новые точные решения нелинейных волновых уравнений, которые невозможно получить при использовании классического метода С. Ли или метода условной симметрии. Полученные решения могут быть использованы в прикладных исследованиях и стать эффективным инструментом проверки адекватности математических моделей.

Ключевые слова: *точные решения, волновые уравнения, симметричная редукция, алгебра симметрии, редуцированное уравнение.*

УДК 621.316

IMPROVING THE QUALITY OF THE OUTPUT VOLTAGE OF SOLAR PANELS

S. Baliuta, V. Shesterenko, V. Sofilkanych

National University of Food Technologies

<p>Key words: <i>Voltage</i> <i>Nonsinusoidal nature</i> <i>Harmonics</i> <i>Power supply system</i> <i>Voltage regulator</i></p> <hr/> <p>Article history: Received 01.11.2015 Received in revised form 15.11.2015 Accepted 09.12.2015</p> <hr/> <p>Corresponding author: S. Baliuta E-mail: npruht@ukr.net</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>It is shown that the issue of higher harmonics is the main problem of electrical equipment electromagnetic compatibility. The basic aspects of the analysis are introduced in the context of solar panels nonsinusoidal voltage that depends on the network voltage. The expediency of using Fourier series is shown. Mathematical tools of probability theory and mathematical statistics are used. Thus, the voltage deviation is one of the major problems in terms of power supply systems of industrial enterprises. Its solution is a priority task when designing the power supply systems. The way to improve voltage quality is suggested. The systematic approach to voltage regulation that allows increasing economic performance of energy sources is introduced. The most promising is the regulation method acting on voltage and reactive power.</p>
---	--

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАПРУГИ НА ВИХОДІ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

С.М. Балюта, В.Є. Шестеренко, В.В. Софілканич

Національний університет харчових технологій

У статті показано, що проблема вищих гармонік — це основна частина проблеми електромагнітної сумісності електрообладнання. Наведено основні аспекти аналізу несинусоїдної напруги сонячних батарей залежно від напруги мережі. Показано доцільність використання рядів Фур'є. Використано математичний апарат теорії ймовірності і математичної статистики. Зазначено, що відхилення напруги — це одна з найважливіших проблем у системах електропостачання промислових підприємств, тому вирішення є пріоритетним завданням при проектуванні систем електропостачання. Запропоновано спосіб підвищення якості напруги. Розроблено системний підхід до регулювання напруги, що дозволяє підвищити економічні показники джерел енергії. Найперспективнішим є метод регулювання шляхом дії на напругу і на реактивну потужність.

Ключові слова: напруга, несинусоїдність, вищі гармоніки, система електропостачання, регулятор напруги.

Постановка проблеми. В існуючих способах локального регулювання напруги при електропостачанні від потужної геліоустановки здійснюється вплив тільки на один показник якості електроенергії — напругу [2, 3, 4, 5, 6, 7].

У запропонованому способі локального регулювання напруги при електропостачанні від потужної геліоустановки живлення споживачів здійснюють через імпульсний напівпровідниковий регулятор напруги, який використовують для зміни діючого значення змінної синусоїдальної напруги, одночасно активно впливаючи на форму синусоїди, що мінімізує рівень вищих гармонік [1, 8].

Існує реальна можливість використання регулятора напруги для мінімізації вищих гармонік. Так, на вхід імпульсного регулятора подається напруга з певним спектром вищих гармонік, відбувається додавання або віднімання коливань однакових частот напруги геліоустановки та напруги регулятора:

$$u_{v \text{ вих}} = U'_{Mv} \cdot \sin(\omega t \pm \phi'_v) + U_{DMv} \cdot \sin(\omega t \pm \phi_{Dv}), \quad (1)$$

де U'_{Mv}, ϕ'_v — амплітудне значення гармоніки вхідної напруги та кут зсуву її відносно синусоїди основної частоти мережі, U_{DMv}, ϕ_{Dv} — те ж, але для напруги добавки регулятора.

Якщо між ϕ'_v та ϕ_{Dv} існує співвідношення

$$\phi'_v - \phi_{Dv} = |\pi|, \quad (2)$$

то відбувається послаблення v -ої гармоніки і навіть повне знищення її при

$$U'_{Mv} = U_{DMv}.$$

Гармонічний склад напруги на виході геліоустановки досить стабільний, тому його можна поліпшувати за наперед заданою програмою. Для аналізу ϕ_{Dv} необхідно визначити коефіцієнти синусного B_v та косинусного C_v рядів Фур'є напруги добавки. Алгоритм розрахунку амплітудних значень вищих гармонік, складений на основі вказаних формул, досить простий і може бути реалізований на ПК.

Зсув фази вищих гармонічних відносно основної частоти мережі визначається за формулою:

$$\phi_v = \text{arctg} \frac{B_v}{A_v}. \quad (3)$$

Плавне змінювання в широких межах кутів ϕ_{Dv} вищих гармонічних забезпечує компенсацію гармонік мережі, а способи регулювання дозволяють здійснювати підбір ϕ_{Dv} без погіршення якості напруги $U_{\text{вих}}$.

Метою статті є надання рекомендацій щодо впровадження й оптимального застосування винаходу, захищеного патентом України № 89096, МПК H02M 11/00 — спосіб локального регулювання напруги при електропостачанні від потужної геліоустановки.

Матеріали і методи. Як відомо, сонячні батареї генерують постійний струм. Для передачі в електричну мережу струм необхідно інвертувати. Інвертування струму — це процес, зворотний до випрямлення. Частота на виході інвертора може регулюватись у широких межах. Для того, щоб струм мав форму синусоїди, прямокутні імпульси напруги інвертора модулюють за

законами синуса. Процес формування синусоїди з постійного струму викликає погіршення форми кривої напруги.

Якщо при постійній несучій частоті змінювати співвідношення між Δt_1 (час підключення тиристора анодної групи) і Δt_2 (час підключення тиристора катодної групи) за синусоїдальним законом

$$\frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\tau} = \mu \sin \Omega t, \quad (4)$$

то середнє за період несучої частоти значення напруги на навантаженні також буде змінюватися за синусоїдним законом:

$$U = \frac{\mu E}{2} \sin \Omega t, \quad (5)$$

де Ω — частота модуляції (частота на виході); μ — коефіцієнт глибини модуляції, що показує, в яких межах змінюються інтервали Δt_1 та Δt_2 протягом періоду частоти модуляції.

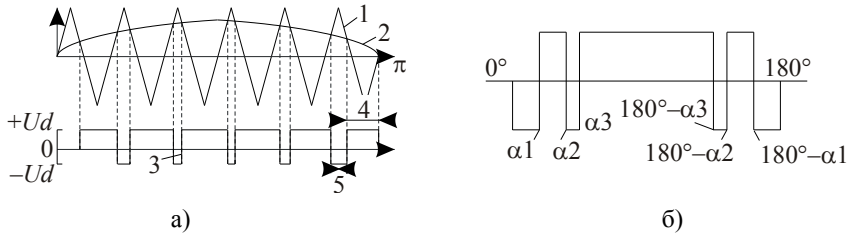


Рис. 1. Принцип широтно-імпульсної модуляції (а) і півперіод промодульованої напруги (б): 1 — несуча частота; 2 — частота модуляції за синусним законом; 3 — напруга на шинах постійного струму; 4, 5 — періоди роботи тиристорів

Результати і обговорення. Напруга за способом являє собою суму двох кривих: синусоїди напруги мережі та послідовності імпульсів, висота яких змінюється за синусоїдальним законом, а ширина — за лінійним. Відповідно до загальноприйнятої класифікації, дану напругу можна розглядати як один із видів амплітудно-імпульсної модуляції (АІМ) із змінною шириною імпульсів і стабільною амплітудою модулюючої напруги.

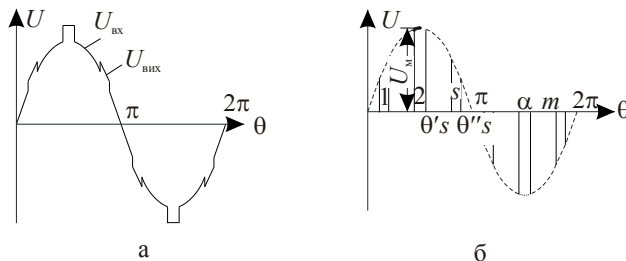


Рис. 2. Напруга на виході регулятора (а) і в обмотці збудження (б) при широтно-імпульсному методі регулювання

Ефект імпульсного регулювання напруги досягається синхронною зміною ширини всіх імпульсів, однакової для кожного з них у будь-який момент часу.

Несучу частоту необхідно вибрати так, щоб створити симетричну систему напруг як у фазній, так і в лінійній напрузі на виході регулятора. Крім того, в $U_{\text{вих}}$ повинна бути відсутня постійна складова.

Оскільки амплітуди імпульсів промодульовані по синусоїді, а тривалість імпульсів і пауз між ними залишаються без змін, ні величина напруги добавки, ні фаза цієї напруги не змінюються при зміщенні імпульсів, тому що таке зміщення не впливає на ступінь регулювання ψ .

При виконанні запропонованого способу досягається симетрія напруг трифазної системи в будь-який момент часу і при всіх режимах регулювання.

Одним із важливих параметрів імпульсного регулювання є скважність

$$Q' = \frac{t_i + t_n}{t_i}, \quad (6)$$

де t_i — тривалість імпульсу; t_n — тривалість паузи між імпульсами.

Скважність для напруги добавки може змінюватися в межах

$$1 \leq Q' \leq \infty,$$

що викликає труднощі при дослідженні, тому як параметр, що характеризує регульовальну властивість імпульсного регулятора, прийнято ступінь регулювання ψ -величини, що зворотна скважності

$$\psi = \frac{1}{Q'}. \quad (7)$$

Враховуючи, що α характеризує тривалість імпульсів, ступінь регулювання визначається за формулою:

$$\psi = \frac{\alpha m}{2\pi}. \quad (8)$$

При імпульсному регулюванні в мережу генеруються вищі гармоніки. В запропонованому способі регулювання вищі гармоніки спектра розміщуються у вигляді сплесків окремих гармонічних, біля яких знаходяться гармоніки меншої інтенсивності. Затухання амплітуд сплесків вищих гармонік відбувається за законом, близьким до експоненціального. Амплітуда першого сплеску з ростом f_n зміщується в сторону збільшення номера гармонік, не змінюючись при цьому по величині. Частота гармонік першого сплеску визначається за формулою:

$$f_v = f(m \pm 1). \quad (9)$$

До основних параметрів, що характеризують даний вид АІМ, відносять коефіцієнт послідовності імпульсів m , що дорівнює числу імпульсів в одному періоді напруги модуляції, частота якої дорівнює частоті мережі

$$m = \frac{f_n}{f}, \quad (10)$$

де f_n — несуча або модульована частота.

Миттєве значення цієї напруги визначається за формулою:

$$u_{\text{ВДО}} = U_{\text{вх}} \sqrt{2} D \sin \omega t, \quad (11)$$

де D — діапазон регулювання пристрою, ω — кутова частота.

Ефект регулювання напруги $U_{\text{вих}}$ досягається синхронною зміною ширини α всіх імпульсів, однакової для кожного з них в будь-який момент часу. В трьох граничних режимах, коли добавка напруги $E = \pm E_{\text{max}}$ або дорівнює нулю, регулятор працює без спотворення напруги $U_{\text{вих}}$.

Використання напруги з АІМ призводить до спотворення форми напруги $U_{\text{вих}}$. Ступінь спотворення можна визначити кількома способами. Основним критерієм оцінки несинусоїдальності напруги є гармонічний склад напруги.

У процесі роботи регулятора несуча частота та частота мережі можуть змінюватися в сторону підвищення чи пониження. Величина цих змін і час їх виникнення є випадковими величинами. Під час таких відхилень частот розміщення імпульсів напруги з АІМ відносно синусоїди напруги мережі може змінюватись. Більш того, послідовність імпульсів може постійно «плавати» відносно синусоїди мережі зі швидкістю, що залежить від ковзання частот.

Вказана властивість АІМ дозволяє застосувати більш дешеву та просту схему керування регулятором напруги. АІМ передбачає імпульсно-фазове регулювання, яке відрізняється тим, що напругу формують з двох кривих — синусоїди напруги мережі та послідовності імпульсів, висота яких змінюється за синусоїдальним законом, а ширина — за лінійним. Напругу регулюють синхронною зміною ширини всіх імпульсів, однакової для кожного з них у будь-який момент часу, шляхом зміщення фронтів імпульсів. Спосіб не призводить до споживання реактивної потужності, не викликає несиметрії напруг і постійної складової.

Відхилення форми кривих струму і напруги від синусоїди розглядають за допомогою гармонічних складових (гармонік) за математичною теорією, створеною Ш. Фур'є (1768—1830). Термін «гармоніка» використовується в акустиці для позначення коливань струни з частотою, кратною основній частоті коливання. Вищі гармоніки негативно діють на електрообладнання всіх видів, навіть на значній відстані від місця генерації гармонік. Вони створюють додатковий шум у телефонному зв'язку, призводять до помилкових спрацювань відповідальної апаратури. Проблема вищих гармонік — це основна частина проблеми електромагнітної сумісності електрообладнання у зв'язку із збільшенням потужності тиристорних перетворювачів і широким застосуванням електронних систем автоматичного керування, які чутливі до форми синусоїди напруги.

Вищі гармоніки суттєво впливають на роботу систем електропостачання. В ЛЕП з'являються додаткові втрати енергії та напруги. В кабельних лініях прискорюється старіння ізоляції, збільшується кількість пошкоджень за рахунок зростання амплітуди напруги. В ЛЕП надвисоких напруг зростають втрати на корону. У трансформаторах збільшуються втрати в обмотках та в сталі. Скорочується термін служби ізоляції. Струми нульової послідовності, що циркулюють в обмотках, з'єднаних трикутником, можуть перевантажити ці обмотки.

Дуже чутливі до вищих гармонік батареї конденсаторів. Додаткові втрати потужності в конденсаторах визначаються за формулою:

$$\delta P = \sum_{v=2}^{\infty} \Delta P_0 \omega c U_v^2, \quad (16)$$

де ΔP_0 — питомі втрати на основній частоті, кВт/квар; c — ємність конденсатора; U_v — напруга v -ої гармоніки.

Ці втрати призводять до перегрівання конденсаторів та виходу їх з ладу. Крім того, на одній з вищих гармонік можливий резонанс, що інколи призводить до підвищення напруги.

Вищі гармоніки призводять до збільшення втрат в статорі та роторі електромашини. Додаткові втрати потужності підвищують температуру машини, з'являються локальні місця перегрівання. Особливо чутливі до вищих гармонік двигуни з фазним ротором. В асинхронних машинах з'являються додаткові моменти на частотах вищих гармонік. Ці моменти можуть призвести до відчутних вібрацій двигуна.

Вищі гармоніки погіршують роботу системи дистанційного керування. Помилки в роботі цих систем можуть виникнути, якщо з'являються гармоніки з частотою, близькою до частоти керування. При цьому можливі два випадки:

1. Блокування сигналу, коли вищі гармоніки не дозволяють виділити сигнал керування.

2. Робота реле за відсутності сигналу керування.

Вищі гармоніки суттєво впливають на роботу релейного захисту, вносячи похибки при вимірюванні опору на основній частоті. Тільки цифрові фільтри забезпечують належну роботу захисту в таких умовах. Проблемою є момент підключення потужних трансформаторів, коли величина струму намагнічування може перевищувати номінальний струм. Амплітуда струму намагнічування залежить від індуктивності трансформатора, опору обмоток і моменту часу, коли відбувається підключення. У вторинній обмотці в ці моменти струм відсутній. Це може призвести до спрацювання диференційного захисту. Підвищити надійність захисту можна шляхом виділення другої гармоніки з струму намагнічування, яка подається в схему блокування диференційного захисту.

Вищі гармоніки можуть вивести з ладу газорозрядні лампи. До схеми ПРА входить конденсатор і можливий резонанс на одній з вищих гармонік. Вимірювальні прилади, як правило, калібруються при синусоїдальних струмах і напругах, тому в більшості випадків спотворення синусоїди викликає зростання похибки, вище за визначене нормою.

Потужність вищих гармонік є сумарною потужністю і вимірюється із значними похибками. Вищі гармоніки впливають на точність вимірювання реактивної потужності та коефіцієнта потужності.

Висновки

1. Сонячні батареї генерують постійний струм. Для передачі в електричну мережу струм необхідно інвертувати. Для того, щоб струм мав форму синусоїди, прямокутні імпульси напруги інвертора модулюють за

синусоїдальними законами. Процес формування синусоїди з постійного струму призводить до погіршення форми кривої напруги.

2. Аналіз несинусоїдної напруги сонячних батарей доцільно виконати з використанням рядів Фур'є.

3. Живлення споживачів від сонячної батареї рекомендується здійснювати через імпульсний напівпровідниковий регулятор напруги, який використовують для зміни діючого значення змінної синусоїдальної напруги, одночасно активно впливаючи на форму синусоїди, що мінімізує рівень вищих гармонік у напрузі геліоустановки.

Література

1. *Shesterenko V., Sofilkanych V.* Local control of alternating current, received from solar panels power supply // Ukrainian Journal of Food Science. — 2015. — Volume 3, Issue 1. — P. 113—122.

2. *Шестеренко В.Є.* Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підручник / В.Є. Шестеренко. — Вінниця: Нова Книга, 2011. — 656 с.

3. *Shesterenko V., Sidorchuk I.* Research of the features of reactive power compensation in the combined system of food industry // Ukrainian Journal of Food Science. — 2013. — Volume 1, Issue 1. — P. 89—95.

4. *ГОСТ 13109-97.* Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 01.01.2000. — К.: Изд-во стандартов, 1998; Госстандарт Украины, с доп. и попр., 1999. — 31 с.

5. *Якість електричної енергії.* Терміни та визначення: ДСТУ 3465-96. — Чинний від 1998-01-01. — К.: Держстандарт України, 1996. — 35 с.

6. *Правила користування електричною енергією.* Затверджено постановою НКРЕ 31.07.2005 № 910. Зареєстровано в міністерстві юстиції України 18.11.2005 № 1399/11679.

8. *Патент України № 89096, МПК H02M 11/00* — Спосіб локального регулювання напруги при електропостачанні від потужної геліоустановки / Шестеренко В.Є., Балюта С.М., Софілканич В.В.; опубл. 10.04. 2014.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫХОДЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

С.Н. Балюта, В.Е. Шестеренко, В.В. Софілканич

Национальный университет пищевых технологий

В статье показано, что проблема высших гармоник — это основная часть проблемы электромагнитной совместимости электрооборудования. Приведены основные аспекты анализа несинусоидальности напряжения солнечных батарей в зависимости от напряжения сети. Показаны преимущества использования рядов Фурье. Использован математический аппарат теории вероятности и математической статистики. Подчеркнуто, что отклонение напряжения — одна из важнейших проблем в системах электроснабжения, поэтому ее решение является приоритетным заданием при проектировании систем электроснабжения. Разработан способ повышения качества напряжения. Предложен системный подход к регулированию напряжения, что позволяет повысить экономические показатели источников энергии. Самым перспективным является метод регулирования путем воздействия на напряжение и на реактивную мощность.

Ключевые слова: *напряжение, потери энергии, высшие гармоники, система электроснабжения, регулятор напряжения.*

OPTIMIZATION OF MILK-BASED SACCHARINE ICE CREAM

N. Breus, O. Bass, L. Manoha, G. Polischuk

National University of Food Technologies

Key words: <i>Ice cream</i> <i>Starch syrup</i> <i>Dextrose equivalent</i> <i>Cryoscopic temperature</i> <i>Optimization</i>	ABSTRACT The expediency of using starch syrup of different saccharine ratio in milk-based ice cream recipe is proved. The significant impact of starch syrup and its dextrose equivalents content on the cryoscopic temperature of the mixture for ice cream production is confirmed. We carried out the composition modeling of fat ice cream mixture with starch syrup to provide the appropriate cryoscopic temperature. We defined the feasible range of starch syrup mass portion and dextrose equivalent to get high-quality ice cream. The research results are of practical importance for the calculation of recipes and quality control of milk-based ice cream.
Article history: Received 12.11.2015 Received in revised form 14.12.2015 Accepted 23.12.2015	
Corresponding author: N. Breus E-mail: breusnm@ukr.net	

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ МОРОЗИВА НА МОЛОЧНІЙ ОСНОВІ З ЦУКРИСТИМИ РЕЧОВИНАМИ

Н.М. Бреус, О.О. Басс, Л.Ю. Маноха, Г.Є. Поліщук

Національний університет харчових технологій

У статті доведено доцільність використання крохмальних патонок різного ступеня оцукрювання у складі морозива на молочній основі. Підтверджено суттєвий вплив вмісту крохмальних патонок та їх декстрозних еквівалентів на кріоскопічну температуру сумішей для виробництва морозива. Проведено моделювання складу сумішей морозива молочного, вершкового та пломбіру з крохмальними патоками для забезпечення належної кріоскопічної температури. Визначено допустимі діапазони значень масової частки крохмальної патоки та її декстрозного еквівалента в сумішах з метою отримання морозива високої якості. Результати дослідження мають практичне значення для розрахунку рецептур і управління якістю морозива на молочній основі.

Ключові слова: морозиво, крохмальна патока, декстрозний еквівалент, кріоскопічна температура, оптимізація.

Постановка проблеми. Дисперсійним середовищем морозива і сумішей для його виробництва є вода у вільному та зв'язаному стані у кількості від 58 до 75 %. Фізико-хімічні властивості зв'язаної води впливають на температуру

початку замерзання водної фази продукту (кріоскопічну температуру) і на характер кристалізації води під час фризеравання та загартування [1]. Густина зв'язаної води вдвічі більша за густину вільної води, а її молекули просторово орієнтовані, що значно знижує діелектричну сталу порівняно з вільною водою. Зв'язана вода практично не кристалізується, не є розчинником (за винятком слабозв'язаної), вона недоступна для мікроорганізмів [2]. Вода у морозиві активно зв'язується стабілізаторами, молочними білками і дицукрами (лактозою і цукрозою). Близько однієї третини від загального вмісту зв'язаної води характеризується досить слабкою енергією зв'язку і бере участь у розчиненні, що слід враховувати під час розрахунку фактичних концентрацій розчинів цукрози та лактози у сумішах. Частина слабозв'язаної води також має здатність кристалізуватися за низьких температур [3].

Дрібні кристали льоду обумовлюють кремоподібну консистенцію морозива, але за їх зростання до розмірів, більших за 55...60 мкм, структура продукту стає грубою, льодянистою. Зменшенню розмірів кристалів льоду сприяє підвищення вмісту сухих речовин у сумішах морозива. Наприклад, підвищення вмісту цукру від 14 до 18 % у 1,4 раза знижує розміри кристалів льоду, але за вмісту цукру 20 % формується тістоподібна структура й знижується опір таненню [4]. Структура системи в цілому та розміри кластерів і доменів води залежать від багатьох чинників: концентрації дисперсної фази, її дисперсності, природи поверхні часточок, їхньої розчинності, характеру взаємодії між часточками та з водою, рН, температури й концентрації у водному розчині моно-, дицукрів і солей [5].

Кріоскопічна температура ($t_{кр}$) є одним з основних чинників, які впливають на процеси формування і стабілізації складної полідисперсної структури морозива під час фризеравання сумішей у температурному діапазоні від -2 до -6 °С, а також під час процесу загартування м'якого морозива (-20 ... -40 °С). Найбільші проблеми з формуванням складних дисперсних систем, зокрема із дотриманням вимог щодо розмірів кристалів льоду, які мають не перевищувати 60 мкм, існують під час одержання морозива молочного низькожирного і нежирного [6], тому пошук нових видів активних вологозв'язувальних агентів у складі морозива на молочній основі та вивчення особливостей їх впливу на фізико-хімічні характеристики сумішей є досить актуальним напрямом наукових досліджень.

У складі сумішей для виробництва морозива найактивніше зв'язують воду моно- і дицукри, тому цукор як основний підсолоджувач і джерело сухих речовин у складі морозива на молочній основі є основним кріопротектором. Саме цукор запобігає утворенню грубокристалічної структури морозива через високу вологозв'язувальну здатність, що, у свою чергу, й обумовлює $t_{кр}$ сумішей перед їх низькотемпературним обробленням. У разі заміни цукру на інші підсолоджувачі для порівняння слід обирати $t_{кр}$ контрольні зразки традиційного хімічного складу.

В Україні виготовляють дешеві функціонально-технологічні підсолоджувачі — патоки крохмальні різного ступеня оцукрювання. Залежно від ступеня гідролізу крохмалю вони характеризуються різними значеннями декстрозного еквіваленту (ДЕ) і, відповідно, різним технологічним ефектом. Патоки з низьким ДЕ дещо підвищують $t_{кр}$ порівняно з цукром, що неприпустимо, але

позитивно впливають на опір морозива таненню. У той же час патоки з високим ДЕ знижують $t_{кр}$, але суттєво погіршують здатність морозива чинити опір дії позитивних температур [7].

Метою дослідження є визначення допустимих діапазонів вмісту паток з різними декстрозними еквівалентами в сумішах для забезпечення $t_{кр}$, не вищої за таку для контрольних зразків класичних видів морозива з цукром.

Матеріали і методи дослідження. Для вирішення поставленого завдання досліджували криоскопічну температуру сумішей морозива молочного (масова частка жиру 3,5 %), вершкового (10 %) та пломбіру (15 %) з вмістом паток у діапазоні 0...14,0÷15,5 %, декстрозний еквівалент яких знаходиться в межах від 34 до 98.

Криоскопічну температуру сумішей морозива визначали за допомогою криостата і термометра Бекмана (ТЛ-1) [8], шкала якого розрахована на 5 °С та поділена з точністю до 0,01 °С без постійної нульової точки.

Для математичного опрацювання результатів дослідження застосовували математичний пакет MathCAD 15 [9, 10].

Результати і обговорення. Криоскопічні температури контрольних сумішей морозива молочного, вершкового та пломбіру класичних видів становлять -2,56, -2,61 та -2,87 °С, що було прийнято за критерії оптимальності ($t_{кр1} \leq -2,56$ °С, $t_{кр2} \leq -2,61$ °С, $t_{кр3} \leq -2,87$ °С).

Для сумішей морозива молочного на першому етапі дослідження проведено двовимірну апроксимацію (підбір апроксимуючої площини у вигляді двовимірного полінома другого ступеня) і визначено емпіричну залежність у вигляді функції двох змінних:

$$t_{кр}(x,y) = -0,23 - 0,015x + 0,009y - 0,001xy + 0,001x^2 - 0,002y^2,$$

де x — декстрозний еквівалент, y — кількість патоки.

З урахуванням оптимальної умови для $t_{кр}$. виведено формулу у вигляді нерівності:

$$-0,23 - 0,015x + 0,009y - 0,001xy + 0,001x^2 - 0,002y^2 \leq -2,56.$$

Проведено відповідні розрахунки і виведено оптимальні співвідношення ДЕ та масової частки патоки у сумішах для одержання рекомендованих значень $t_{кр}$.

На другому етапі проведено двофакторний аналіз експериментальних даних:

$$t_{кр}(x_1, x_2) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2;$$

$$t_{кр}(x_1, x_2) = 0,338 - 0,15x_1 - 0,14x_2,$$

де $t_{кр}$ — криоскопічна температура; x_1 — декстрозний еквівалент; x_2 — кількість патоки.

Подібно наведеному вище розрахунку для сумішей морозива молочного одержані емпіричні функції для сумішей морозива вершкового:

$$t_{кр}(x,y) = -0,002xy - 0,0021y^2 + 0,0047y - 0,016x + 0,0001x^2 - 0,249;$$

$$t_{кр}(x_1, x_2) = 0,257 - 0,015x_1 - 0,156x_2.$$

Емпіричні функції для сумішей морозива пломбір такі:

$$t_{кр}(x,y) = -0,0023xy - 0,0028y^2 + 0,013y - 0,017x + 0,0001x^2 - 0,283;$$

$$t_{кр}(x_1, x_2) = 0,312 - 0,016x_1 - 0,174x_2$$

За допомогою побудованих багатofакторних регресійних моделей, які є адекватними наявним розрахунковим даним і мають високі ступені значимості оцінених параметрів, зроблено висновки щодо впливу кожного фактора на відгук ($t_{кр}$).

Графічні залежності $t_{кр}$ сумішей від ДЕ паток та їх вмісту в морозиві наведено на рис. 1—3.

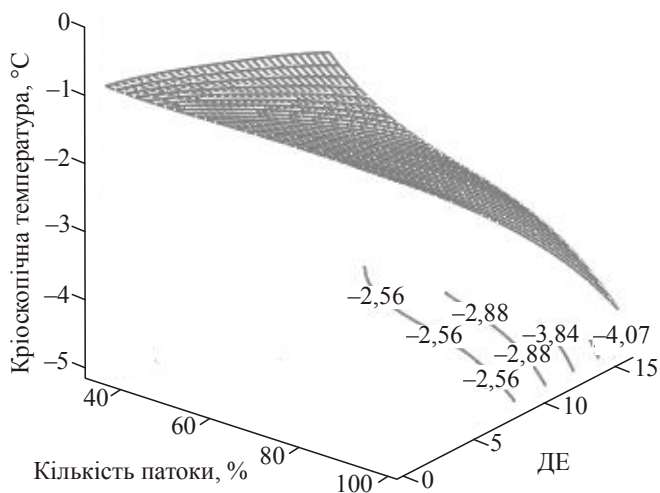


Рис. 1. Графічна залежність кріоскопічної температури від декстрозного еквівалента паток та їх кількості у сумішах морозива молочного

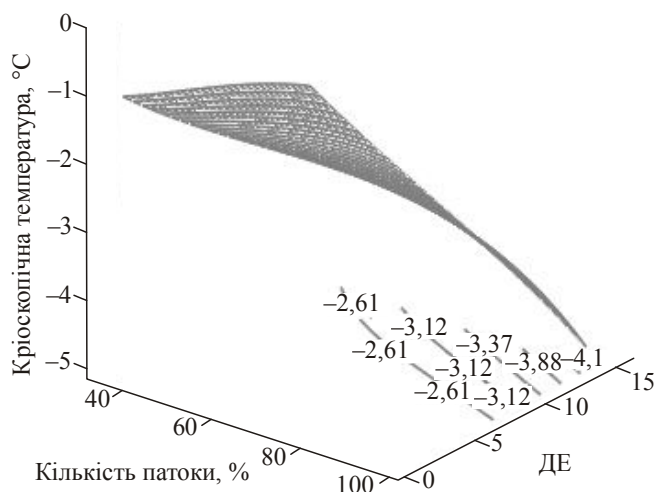


Рис. 2. Графічна залежність кріоскопічної температури від декстрозного еквівалента паток та їх кількості у сумішах морозива вершкового

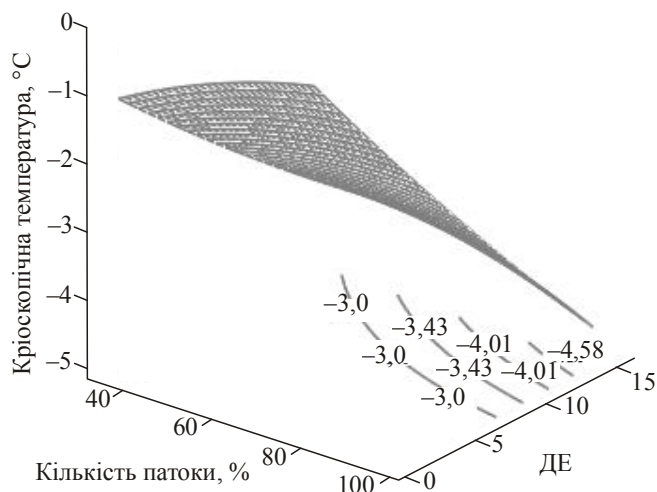


Рис. 3. Графічна залежність кріоскопічної температури від декстрозного еквівалента паток та їх кількості у сумішах морозива пломбір

Моделювання складу сумішей морозива молочного дозволило визначити оптимальні діапазони декстрозного еквівалента та вмісту паток для забезпечення $t_{кр}$, не вищої за $-2,56$ °C, а саме: $59,6 \leq DE \leq 97,7$ та $10,85 \% \leq КП \leq 15,5$ %.

Для сумішей морозива вершкового та пломбіру за умови формування значень кріоскопічної температури не вищих за $-2,61$ °C і $-2,87$ °C (відповідно до контрольних зразків з цукром) розраховано оптимальні діапазони значень вмісту і декстрозного еквіваленту паток.

Так, для вершкового ці діапазони такі: $59,5 \leq DE \leq 97,5$; $9,75 \% \leq КП \leq 14,0$ %. Для пломбіру рекомендовані діапазони значень ДЕ та вмісту патоки такі: $58,5 \leq DE \leq 97,5$; $9,75 \% \leq КП \leq 14,0$ %.

Отже, результати розрахунків дають змогу управляти значеннями кріоскопічної температури сумішей морозива на молочній основі введенням до їх складу крохмальних паток з різними ступенями оцукрювання. Дотримання вказаного вмісту крохмальних паток з певним декстрозним еквівалентом забезпечуватиме не тільки істотне зниження кріоскопічної температури сумішей, але й сприятиме формуванню пластичної консистенції продукту та запобіганню утворення грубокристалічної структури навіть у морозиві з підвищеним вмістом води (молочному). Нині таке морозиво не користується високим попитом у споживачів через високу твердість, надмірне відчуття холоду, крихкість структури. Одержані результати досліджень сприятимуть розширенню асортиментного ряду саме молочного морозива та підвищенню попиту споживачів на низькокалорійну продукцію. Результати наукової дослідження матимуть практичне значення також і для технологів при проведенні розрахунків рецептур у виробничих умовах.

Висновки

Науково доведено залежність кріоскопічної температури сумішей морозива на молочній основі від їх хімічного складу, зокрема від вмісту й ступеня оцукрювання крохмальних паток.

Одержано математичні моделі, що описують умови одержання сумішей морозива з крохмальною патокою у рекомендованих діапазонах.

Розраховано оптимальні діапазони вмісту паток та їх декстрозних еквівалентів для формування належної структури готового продукту під час фризювання сумішей і загартування м'якого морозива. Результати розрахунків матимуть практичне значення для оптимізації рецептурного складу морозива на молочній основі.

Література

1. Оленев Ю.А. Структурные элементы смесей и мороженого / Ю.А. Оленев // Молочная промышленность. — 2003. — № 3. — С. 53—54.
2. Пищевая химия / [Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А и др.]; под ред. д.т.н., проф. А.П. Нечаева. — [3-е изд.] — СПб.: ГИОРД, 2004. — 640 с.
3. Изучение процесса размораживания мороженого с яблочным пюре методом низкотемпературной ЯМР-спектроскопии / Полищук Г. и др. // Maisto chemija ir technologija. Mokslo darbai (Food chemistry and technology. Proceedings). Kauno technologijos universiteto maisto institutas. Kaunas. — 2013. — V. 47, #. 1. — P. 73—81.
4. Bolliger S. Relationships between ice cream mix viscoelasticity and ice crystal growth in ice cream / S. Bolliger, H. Wildmoser, H.D. Goff, B.W. Tharp // International Dairy Journal. — 2000. — Vol. 10, № 6. — P. 791—797.
5. Goff H.D. Changing the ice in ice cream / H.D. Goff, A. Regand, B. Tharp // Dairy Industry International. — 2002. — Vol. 67, # 1. — P. 30—32.
6. Maslikov M. Unit for food's temperature control during their refrigeration / Maxim Maslikov, Galina Polichuk // Ukrainian journal of food science. — 2013. — V. 1, # 2. — P. 194—198.
7. Богданов Е. Использование в молочных продуктах глюкозных сиропов / Егор Богданов // Продукты&Ингредиенты. — 2008. — № 1. — С. 88—91.
8. Справочник по производству мороженого / [Оленев Ю.А., Творогова А.А., Казакова Н.В., Соловьева Л.Н.]. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 798 с.
9. Охорзин В.А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебное пособие [для студ. высш. учеб. завед.] / Охорзин В.А. — [3-е изд.]. — СПб.: Лань, 2009. — 352 с.
10. Алексеев Е.Р. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9 / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова. — М: ИТ Пресс, 2006. — 496 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МОРОЖЕНОГО НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ С САХАРИСТЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Н.М. Бреус, О.А. Басс, Л.Ю. Маноха, Г.Е. Полищук

Национальный университет пищевых технологий

В статье доказана целесообразность использования крахмальных паток различной степени осахаривания в составе мороженого на молочной основе. Подтверждено существенное влияние содержания крахмальных паток и их декстрозных эквивалентов на криоскопическую температуру смесей для производства мороженого. Проведено моделирование состава смесей мороженого молочного, сливочного и пломбира с крахмальными патоками для обеспечения заданной криоскопической температуры. Определены допустимые диапазоны значений массовой доли крахмальной патоки и ее декстрозного эквивалента в смесях с целью получения мороженого высокого качества. Результаты исследования имеют практическое значение для расчета рецептур и управления качеством мороженого на молочной основе.

Ключевые слова: мороженое, крахмальная патока, декстрозный эквивалент, криоскопическая температура, оптимизация.

IMPORTANCE OF INTRODUCTION OF CANNED CONDENSED MILK WITH FRUIT SYRUP TO THE DAILY DIET OF MILITARY SERVICEMEN

N. Ryabokon, O. Kochubei-Lytvynenko, O. Chernyushok
National University of Food Technologies

Key words: <i>Food intake</i> <i>Military serviceman</i> <i>Condensed canned milk</i> <i>Fruit syrups</i> <i>Daily physiological needs</i>	ABSTRACT The analysis of major daily nutrients supply for military servicemen is presented in the article. The analysis is based on the weekly schedule of food stuffs in one of the Ukrainian military units and existing nutrition rates (norms). The analysis substantiated the relevancy and urgency of the development of a new type of condensed canned milk and its introduction to the food intake by military servicemen, especially for those who serve in special conditions. The article contains scientific substantiation of technological characteristics and combined conditions of milk-sugar base with fruit syrups as well as explanations of key points of the developed technology. It is determined that the new product will enhance the daily nutrients supply for military servicemen.
Article history: Received 12.11.2015 Received in revised form 25.11.2015 Accepted 10.12.2015	
Corresponding author: N. Ryabokon E-mail: npnuht@ukr.net	

АКТУАЛЬНІСТЬ ВВЕДЕННЯ ЗГУЩЕНИХ МОЛОЧНИХ КОНСЕРВІВ З ПЛОДОВО-ЯГІДНИМИ СИРОПАМИ ДО ДОБОВОГО РАЦІОНУ ХАРЧУВАННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Н.В. Рябоконт, О.В. Кочубей-Литвиненко, О.А. Чернюшок
Національний університет харчових технологій

У статті проаналізовано стан забезпечення добових потреб військовослужбовців в основних поживних речовинах на основі даних тижневої розкладки продуктів споживання однієї з військових частин України та чинних норм харчування. Обґрунтовано актуальність розробки нових згущених молочних консервів і введення їх до раціону військовослужбовців, у тому числі тих, які перебувають в особливих умовах несення служби. Науково обґрунтовано технологічні параметри і режими комбінування молочно-цукрової основи з плодово-ягідними сиропами, проаналізовано ключові моменти розробленої технології. Встановлено, що розроблений продукт сприяє забезпеченню добових фізіологічних потреб військовослужбовців в основних поживних речовинах і енергії.

Ключові слова: раціон харчування, військовослужбовець, згущені молочні консерви, плодово-ягідні сиропи, добові фізіологічні потреби.

Постановка проблеми. В умовах бойових дій якість, швидкість та успішність виконання завдання залежить від стану здоров'я захисників, їхньої підготовки, стійкості організму до надмірних психоемоційних і фізичних навантажень. Усі зазначені чинники значною мірою залежать від рівня забезпечення добових потреб військового в основних поживних речовинах, тому організація повноцінного, високоякісного та збалансованого раціону харчування для військовослужбовців є важливим завданням сьогодення.

Раціон харчування має базуватися на наукових засадах з урахуванням специфіки військової праці, сприяти зміцненню здоров'я й фізичного розвитку військових, підвищувати стійкість організму до навантажень, позитивно впливати на їхню бойову готовність.

Аналіз норм харчування військовослужбовців, затверджених Постановою Кабінету Міністрів України № 426 від 29 березня 2002 року, показав що жодна з норм (загальновійськова, льотна, морська) не зможуть повноцінно забезпечити добові фізіологічні потреби організму військовослужбовця в основних харчових речовинах та енергії, у вітамінах і мінеральних речовинах [1].

Ретельний аналіз тижневої розкладки продуктів однієї з військових частин України показав, що добовий раціон для військовослужбовців зовсім не передбачає визначення рівня забезпечення у поживних і мінеральних речовинах, вітамінах. Основний показник, на який орієнтуються працівники військової частини, що розробляють раціон, — це загальна маса харчових продуктів, а не якісний склад.

Однією з причин невідповідності між існуючими нормами та потребами можна назвати практично повну відсутність у раціоні харчування молочних продуктів, які мають високу харчову, поживну та біологічну цінність [2]. Фахівці рекомендують споживати молоко та молочні продукти людям усіх вікових категорій й різних груп фізичної активності щодня. Рекомендовані вищезгаданою постановою і постановою Кабінету Міністрів України № 252 від 29 квітня 2015 року. «Про внесення змін до норм харчування військовослужбовців Збройних сил та інших військових формувань» 30 г вершкового масла та 20 г твердого сичужного сиру є недостатньою нормою для забезпечення організму людини з підвищеним фізичним навантаженням повноцінними білками, жирами тваринного походження, вуглеводами та іншими поживними речовинами.

Зважаючи на вищевикладене, пошук і розроблення нових перспективних продуктів для введення до складу раціону військовослужбовців, у тому числі тих, що перебувають в особливих умовах несення служби, є актуальним.

При виборі продуктів для раціону військовослужбовців, що перебувають в умовах бойових дій, необхідно звертати увагу на такі аспекти: доступність продукту у воєнно-польових умовах; легкість у підготовці до споживання; транспортабельність: терміни і умови зберігання [3]. Зважаючи на потреби і особливості споживання їжі військовими під час проведення бойових дій, перспективними продуктами їх раціону харчування є згущені молочні консерви (ЗМК).

Згущені молочні консерви — це висококалорійні поживні продукти з терміном придатності до споживання 12 місяців, масовою часткою білків на

рівні 7...11 %; жирів — 8,5...19 %; лактози — 9...14,5 %; сахарози — 37...44 %. У 100 г згущеного продукту міститься близько 2600 мг незамінних амінокислот; 8...18 г жирних кислот. До хімічного складу згущених молочних консервів входять також макроелементи і вітаміни [4—8].

Доцільність введення молочних консервів до раціону військовослужбовців підтверджено результатами порівняльного аналізу цінності 100 г молочних консервів з добовими потребами людського організму у харчових речовинах і нутрієнтах [1].

Для обчислення добових енерговитрат військовослужбовців величину основного обміну для чоловіків множили на коефіцієнт фізичної активності (2. 3) для IV групи активності — робітників важкої і особливо важкої фізичної праці, високої і дуже високої фізичної активності (табл. 1—3).

Таблиця 1. Добові потреби чоловіків IV групи фізичної активності у білках, жирах, вуглеводах і енергії

Вік чоловіка	Енергія, ккал	Білки, г		Жири, г	Вуглеводи, г
		всього	тваринні		
18...29	3900	107	59	10	624
30...39	3700	102	56	10	592
40...59	3500	6	53	97	560

Таблиця 2. Добові потреби чоловіків IV групи фізичної активності у мінеральних речовинах

Вік чоловіка	Ca, мг	P, мг	Mg, мг	Fe, мг	F, мг	Zn, мг	I, мг	Se, мкг
18...29	1200	1200	400	15	0,75	15	0,15	70
30...39	1200	1200	400	15	0,75	15	0,15	70
40...59	1200	1200	400	15	0,75	15	0,15	70

Таблиця 3. Добові потреби чоловіків IV групи фізичної активності у вітамінах

Вік чоловіка	E, мг	D, мкг	A, мкг	B ₁ , мг	B ₂ , мг	B ₆ , мг	PP, мг	Фолат, мкг	B ₁₂ , мкг	C, мг
18...29	15	2,5	1000	1,6	2,0	2,0	22	250	3	80
30...39	15	2,5	1000	1,6	2,0	2,0	22	250	3	80
40...59	15	2,5	1000	1,6	2,0	2,0	22	250	3	80

На прикладі добових потреб чоловіків віком 30...39 років визначено інтегральний СКОР молочних консервів за вмістом білків, жирів, вуглеводів, мінеральних і вітамінних речовин, який наведено на рис. 1. Його визначали у продуктах, які мають найбільший попит серед споживачів, зокрема у молоці незбираному згущеному з цукром 8,5 % жирності.

Аналіз отриманих результатів підтвердив, що згущені молочні консерви здатні забезпечити на високому рівні потреби військовослужбовців у поживних речовинах, зокрема у жирах, кальції, фосфорі, магнії, вітаміні B₂.

Проте згущені молочні консерви з цукром існуючого асортиментного ряду за хімічним складом не відповідають положенням сучасних концепцій про здорове харчування, насамперед унаслідок високого вмісту сахарози (до 44 %). Одним із шляхів вирішення проблемного питання є використання рослинної

сировини, нетрадиційної для згущених молочних консервів. Плодово-ягідна сировина характеризується високим рівнем макро- та мікроелементів, багато-складовим вмістом вуглеводів (глюкоза, фруктоза), тому введення її до складу ЗМК дозволить отримати продукт з комбінованим вуглеводним складом зі зниженим індексом глікемічності, а також сформувати нову смакову гаму молочних консервів з одночасним підвищенням поживної цінності.

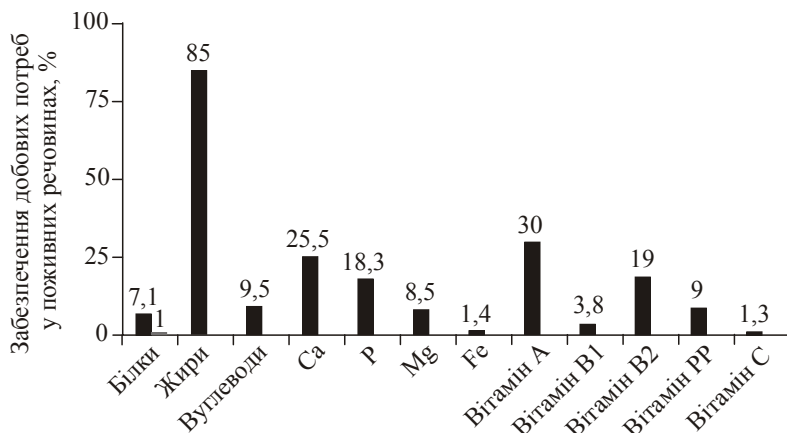


Рис. 1. Інтегральний СКОР згущених молочних консервів за вмістом поживних і мінеральних речовин, вітамінів

Мета дослідження. Проаналізувати перспективи введення до складу раціону харчування військовослужбовців згущених молочних консервів з цукром і плодово-ягідними сиропами.

Матеріали і методи. Об'єктом досліджень виступали згущені молочні консерви з цукром і плодово-ягідними сиропами (ПЯС) композиційного складу — «шипшина-глід», «шипшина-ехінацея-м'ята», «журавлина-чорниця».

Методи дослідження: стандартні, загальноприйняті та оригінальні. Оптимальне дозування плодово-ягідних сиропів у складі згущених молочних консервів з цукром визначали графоматематично, індекс глікемічності — розрахунково, з урахуванням вмісту окремих вуглеводів у дослідних зразках розроблених ЗМК та індексів їх глікемічності; вміст вільної та зв'язаної вологи — за термогравіметричним аналізом, криоскопічну температуру дослідних зразків визначали в ході термічного аналізу за допомогою криоскопу.

Результати і обговорення. Згущені молочні консерви з цукром традиційного асортименту відрізняються високим вмістом сахарози (до 43,5...44,0 %), що зумовлює їх високу калорійність і глікемічність. Часткова заміна сахарози на природні цукри у складі плодово-ягідної сировини, збагачення згущених продуктів природними біологічно активними сполуками, формування нових органолептичних і фізико-хімічних характеристик сприятиме задоволенню потреб споживачів різних категорій, у тому числі військовослужбовців.

Зважаючи на доступність сировини та смакові вподобання споживачів, вітамінно-мінеральний склад і фізико-хімічні показники, здатність до поєднання

з молочною основою за активною кислотністю (аналіз сумісності проведено за «тепловою пробою»), були обрані композиційні сиропи «журавлина-чорниця», «шипшина-глід», «шипшина-ехінацея-м'ята» з вмістом сухих речовин 68...70 %, виготовлені ПП «Біолайт» та ТОВ «Ароза» відповідно до ДСТУ 7126:2009 «Сиропи. Загальні технічні умови».

При комбінуванні молочних і рослинних компонентів, що різняться за рівнем рН, для уникнення можливої коагуляції білка та максимального збереження вітамінно-мінерального складу наповнювача, плодово-ягідні сиропи рекомендовано вносити в стерильних умовах у підзгущену охолоджену молочно-цукрову основу (МЦО).

Першочергово уточнювали параметри згущення МЦО та кристалізації лактози (охолодження) у технології ЗМК з цукром і ПЯС.

З огляду на те, що в ПЯС масова частка сухих речовин нижча, ніж у підзгущеній основі і становить 68...70 %, рекомендовано молочно-цукрову основу згущувати до масової частки сухих речовин 74...75 %, тоді як для класичної технології відповідні значення нормуються в межах 70...71 %.

Для встановлення технологічних умов адекватного перебігу кристалізації лактози під час охолодження необхідно уточнити температуру посиленої кристалізації, оскільки у розроблених ЗМК з цукром і ПЯС концентрація лактози зменшилась на 22,1...22,6 % порівняно з контролем. Розраховано «лактозні числа» та за графіком Гудзона (рис. 2) встановлено температуру посиленої кристалізації лактози для ЗМК з цукром і ПЯС — 38...40 °С, тоді як для ЗМК з цукром — 31...34 °С.

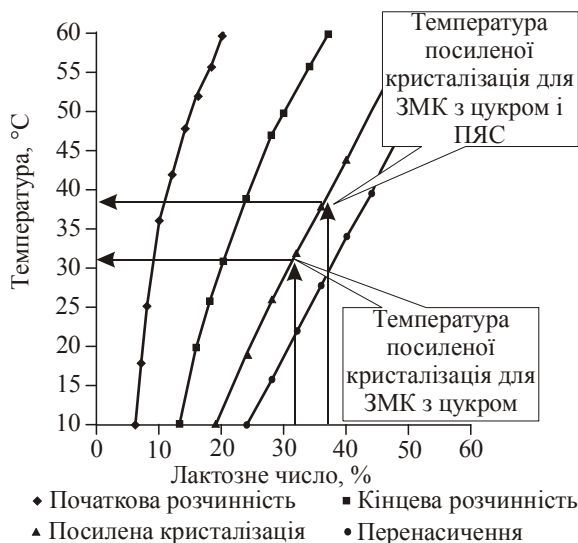


Рис. 2. Встановлення температур посиленої кристалізації лактози у досліджуваних ЗМК за графіком Гудзона

На наступному етапі роботи проведено моделювання підсистеми комбінування молочно-цукрової основи з ПЯС та встановлено раціональні параметри за методом ортогонального композиційного планування другого порядку. Головними керуючими параметрами підсистеми комбінування МЦО з ПЯС обрано:

масову частку сухих речовин (МЧср) згущеної молочно-цукрової основи (X_1); температуру поєднання (X_2); масову частку сухих речовин плодово-ягідних сиропів (X_3); вихідним керованим показником є динамічна в'язкість.

Рівняння регресії, що описує підсистему комбінування молочно-цукрової основи з ПЯС у кодованій формі має вигляд:

$$y = 7,15 + 1,08 \cdot x_1 - 0,52 \cdot x_2 + 1,69 \cdot x_3 - 0,18 \cdot x_1 x_2 - 0,33 \cdot x_3^2.$$

На підставі проведених експериментальних досліджень і математичного моделювання встановлено технологічні параметри комбінування: масова частка сухих речовин згущеної молочно-цукрової основи — 74...75 %, охолодженої МЦО — 77...78 %, плодово-ягідних сиропів — не менше 69 %, температура охолодження МЦО 20...22 °С.

Графоматематичним методом було визначено раціональне дозування плодово-ягідних сиропів у технології ЗМК. У модельних зразках встановлювали оптимальне співвідношення основ — «молочна:рослинна» за коефіцієнтами глікемічності й органолептичної оцінки, діапазон масової частки плодово-ягідних сиропів у складі ЗМК варіювали від 8 до 20 %. Встановлено, що масова частка ПЯС в межах 12...14 % є оптимальною для згущених молочних продуктів.

Консервувальний ефект у розроблених ЗМК з цукром і ПЯС визначали за вуглеводним складом; вмістом вільної та зв'язаної вологи; активністю води; кріоскопічними температурами; осмотичним тиском.

Встановлено, що ЗМК з цукром і ПЯС мають композиційний склад вуглеводів, представлений сахарозою, лактозою, глюкозою, фруктозою. При цьому введення до складу консервів осмотично активних вуглеводів плодово-ягідних сиропів (глюкози, фруктози) дозволяє зменшити потребу у цукрі білому на 4...6 %.

Для визначення осмотичного тиску й прогнозування тривалості зберігання готових продуктів досліджували кількість вільної та зв'язаної вологи у ЗМК з цукром і ПЯС (табл. 4).

Передбачуване уповільнення мікробіологічних і біохімічних процесів підтверджується розрахунком осмотичного тиску ЗМК з цукром і ПЯС за їх кріоскопічними температурами відповідно до закону Рауля. Подібність динаміки кріоскопічних температур для всіх досліджуваних зразків підтверджує досягнення осмотичного тиску на рівні 16...18 МПа, що є обов'язковою умовою ефективного консервування, забезпечує стабільність якості та мікробіологічну безпеку ЗМК.

Після аналізу проведених експериментальних досліджень було запропоновано спосіб виробництва ЗМК з ПЯС [9—10]. Особливостями розробленої технології ЗМК з цукром і ПЯС є [11]:

- введення технологічних операцій приймання, оцінки та внесення плодово-ягідних сиропів з масовою часткою сухих речовин сиропів не менше 69 % за температури 20...22 °С;
- внесення ПЯС в охолоджену підзгущену молочно-цукрову основу з асептичного модуля (масова частка сухих речовин підзгущеної МЦО — 74...75 %, охолодженої МЦО — 77...78 %) за уточненої температури посиленої кристалізації лактози (38...40 °С).

Таблиця 4. Частка вільної та зв'язаної вологи від її загальної кількості у ЗМК з цукром і плодово-ягідними сиропами

Досліджуваний зразок	Кількість вологи (у % від загальної кількості)	
	вільна	зв'язана
ЗМК з цукром (контроль)	15,4	84,6
ЗМК з цукром і ПЯС «журавлина-чорниця»	12,1	87,9
ЗМК з цукром і ПЯС «шипшина-глід»	13,7	86,3
ЗМК з цукром і ПЯС «шипшина-ехінацея-м'ята»	14,9	85,1

Встановлено, що комбінування вуглеводного складу знижує глікемічність ЗМК з цукром і ПЯС «журавлина-чорниця» на 3,1 %; ЗМК з цукром і ПЯС «шипшина-глід» — на 3,7 %; ЗМК з цукром і ПЯС «шипшина-ехінацея-м'ята» — на 4,0 %.

Також додавання ПЯС до ЗМК зумовлює підвищення вмісту вітаміну С на 40 % за рахунок аскорбінової кислоти сиропів, незначного збільшення (на 0,5...1,0 %) магнію, заліза, вітаміну РР та інших вітамінів і мінеральних речовин порівняно з контролем. При цьому рівень забезпечення добових потреб людини у вітамінах і мінеральних речовинах підвищується на 4,0 % у разі споживання згущеного продукту у рекомендованих кількостях (60 г на добу).

Висновки

1. Встановлено технологічні параметри комбінування молочно-цукрової основи з ПЯС: масова частка сухих речовин згущеної молочно-цукрової основи — 74...75 %, охолодженої МЦО — 77...78 %, плодово-ягідних сиропів — не менше 69 %, температура охолодження МЦО 20...22 °С.

2. Розроблено технологію згущених молочних консервів з цукром і плодово-ягідними сиропами, що передбачає внесення ПЯС в охолоджену підзгущену молочно-цукрову основу з асептичного модуля за уточненої температури посиленої кристалізації лактози (38...40 °С).

3. Встановлено, що комбінування вуглеводного складу знижує глікемічність ЗМК з цукром і ПЯС.

4. Хімічний склад розроблених молочних консервів зумовлює високий рівень засвоюваності організмом усіх поживних речовин, що є особливо цінною характеристикою продуктів для військовослужбовців.

Отже, включення згущених молочних консервів з цукром і ПЯС до раціону харчування військовослужбовців є перспективним і сприятиме забезпеченню добових фізіологічних потреб в основних харчових речовинах та енергії, у вітамінах, мінеральних речовинах у більшій мірі, ніж складові існуючих раціонів.

Література

1. Про затвердження норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: Закон України (офіц. текст: за станом на 02 грудня 1999 р.) / Верховна Рада України. — К.: Парламентське вид-во, 1999. — 22 с.

2. *Химический состав пищевых продуктов.* — Кн. 2 / Под ред. И.М. Скурихина. — М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.

3. *Чекулаева Л.В.* Хранимоспособность новых молочных консервов / Л.В. Чекулаева, Л.В. Голубева, К.К. Полянский // Молочная промышленность. — 2000. — № 5. — С. 27—28.

4. Голубева Л.В. Современные тенденции технологии сгущенного молока с сахаром / Л. Голубева, Н. Бобкова // Молочная промышленность. — 2006. — № 5. — С. 74—75.
5. Голубева Л.В. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Том 9. Консервирование и сушка молока. / Л.В. Голубева. — СПб: ГИОРД, 2005. — 256 с.
6. Скорченко Т.А. Технологія молочних консервів: навч. посіб. / Т.А. Скорченко. — К.: НУХТ, 2007. — 232 с.
7. Рябоконь Н.В. Збалансованість згущених молочних консервів / Н.В. Рябоконь, Т.Г. Осьмак, О.А. Савченко // Продовольча індустрія АПК. — 2012. — № 4. — С. 15—17.
8. Хімічний склад і фізичні характеристики молочних продуктів: довідник / О.М. Скарбовійчук, О.В. Кочубей-Литвиненко, О.А. Черношук, В.Г. Федоров. — К.: НУХТ, 2012. — 311 с.
9. Пат. 69202 Україна, А23С9/18. Спосіб отримання збагачених згущених молочних консервів з плодово-ягідними наповнювачами / Скорченко Т.А., Пухляк А.Г., Рябоконь Н.В.; заявник і власник Нац. унів. харч. технологій. — № 201111077; заявл. 16.09.11; опубл. 25.04.12, Бюл. № 8.
10. Пат. 56598 Україна, А23С9/00. Спосіб отримання згущених молочних консервів з плодово-ягідними наповнювачами / Скорченко Т.А., Пухляк А.Г., Рябоконь Н.В.; заявник і власник Нац. унів. харч. технологій. — № 201005993; заявл. 18.05.10; опубл. 25.01.11, Бюл. № 2.
11. Рябоконь Н.В. Розроблення технології згущених молочних консервів з плодово-ягідними наповнювачами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец.: 05.18.04 «Технологія м'ясних, молочних продуктів і продуктів з гідробіонтів» / Рябоконь Наталія Валеріївна; НУХТ. — К., 2015. — 24 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВВЕДЕНИЯ СГУЩЕННЫХ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ С ПЛОДОВО-ЯГОДНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ В СУТОЧНЫЙ РАЦИОН ПИТАНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Н.В. Рябоконь, О.В. Кочубей-Литвиненко, О.А. Черношук
Национальный университет пищевых технологий

В статье проанализировано состояние обеспечения суточных потребностей военнослужащих в основных питательных веществах, базируясь на данных недельной раскладки продуктов потребления одной из воинских частей Украины и действующих норм питания. Обоснована актуальность разработки новых сгущенных молочных консервов и введения их в состав рациона военнослужащих, в том числе пребывающих в особых условиях несения службы. Научно обоснованы технологические параметры и режимы комбинирования молочно-сахарной основы с плодово-ягодными сиропами, проанализированы ключевые моменты разработанной технологии. Установлено, что разработанный продукт способствует обеспечению суточных физиологических потребностей военнослужащих в основных питательных веществах и энергии.

Ключевые слова: *рацион питания, военнослужащий, сгущенные молочные консервы, плодово-ягодные сиропы, суточные физиологические потребности.*

USING SPONTANEOUS FERMENTATION SOURDOUGH IN THE PRODUCTION OF RYE-WHEAT BREAD

V. Drobot, T. Silchuk

National University of Food Technologies

Key words: <i>Bread</i> <i>Rye-wheat bread</i> <i>Spontaneous fermentation sourdough</i>	ABSTRACT The possibility of using spontaneous fermentation sourdough in the production of rye-wheat bread at mini-enterprises and institutions of restaurant industry is exemplified in the article. The optimal preparation parameters of sourdough and its quality are analysed. The impact of sourdough content on the biochemical processes of dough is examined. The influence of varying volume of sourdough on the production process and the quality of bread is investigated. It was established that using the spontaneous fermentation sourdough enables to obtain products with high organoleptic and physico-chemical indicators of quality and can be recommended for the production of rye-wheat bread at mini-enterprises and in restaurant industry.
Article history: Received 12.11.2015 Received in revised form 20.11.2015 Accepted 09.12.2015	
Corresponding author: T. Silchuk E-mail: tsilchuk@mail.ru	

ВИКОРИСТАННЯ ЗАКВАСКИ СПОНТАННОГО БРОДІННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

В.І. Дробот, Т.А. Сильчук

Національний університет харчових технологій

У статті обґрунтовано можливість використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба в умовах міні-підприємств і закладів ресторанного господарства. Досліджено оптимальні параметри приготування закваски та її якість. Проаналізовано вплив закваски на біохімічні процеси в тісті та вплив різної кількості закваски на технологічний процес і якість хліба. Встановлено, що використання закваски спонтанного бродіння дозволяє отримати вироби з високими органолептичними і фізико-хімічними показниками якості та може бути рекомендоване для виробництва житньо-пшеничних сортів хліба в умовах міні-підприємств і закладів ресторанного господарства.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, житньо-пшеничний хліб, закваска спонтанного бродіння.

Постановка проблеми. В останні роки розвиток ресторанного господарства і технологій міні-виробництва суттєво вплинув на виробництво

хлібних виробів. Якщо раніше хлібобулочні вироби виготовляли в основному промислові хлібозаводи, оснащені спеціалізованим обладнанням, то сьогодні частина хлібної продукції виробляється на пекарнях або безпосередньо на площах закладів ресторанного господарства та супермаркетів.

Значним попитом у населення користується хліб з житнього борошна, який має особливий смак, аромат, відрізняється підвищеною харчовою цінністю завдяки вмісту в житньому борошні незамінних амінокислот, вітамінів, мікро- та макроелементів.

Враховуючи особливості вуглеводно-амілазного й білково-протеїназного комплексів житнього борошна, технології приготування хліба з його використанням досить складні і працемісткі. Для отримання готових виробів високої якості необхідно забезпечити підвищену кислотність тіста, що досягається шляхом використання густих або рідких заквасок [1].

Традиційна технологія виробництва заквасок має безперервний характер. Не кожне підприємство володіє достатніми ресурсами для реалізації таких процесів, особливо міні-пекарні, на частку яких припадає значна кількість виробів [2].

Одним із ефективних напрямків вирішення цієї проблеми може стати використання біологічних заквасок спонтанного бродіння. Як показав аналіз літературних джерел [1, 3, 4, 5], виготовлення житньо-пшеничного хліба на заквасках спонтанного бродіння дозволяє спростити процес приготування житньої закваски, робить його доступним для підприємств малої потужності і при цьому дає змогу отримати готові вироби високої якості. Крім того, періодичність процесу ведення закваски спонтанного бродіння надає можливість оперативно реагувати на потреби ринку в житніх і житньо-пшеничних сортах хліба, виготовляти продукцію на замовлення, збільшувати або зменшувати об'єми виробництва залежно від попиту в окремі періоди року.

Мета статті. Дослідження фізико-хімічних і технологічних показників якості закваски спонтанного бродіння і визначення її впливу на технологічний процес та якість житньо-пшеничного хліба.

Матеріали і методи. При проведенні досліджень готували житньо-пшеничне тісто з використанням закваски спонтанного бродіння. Тривалість бродіння тіста складала 90 хв, вистоювання до готовності відбувалося при температурі 32—35 °С.

Для визначення підйомної сили, титрованої кислотності, масової частки вологи напівфабрикатів і тіста, питомого об'єму, пористості готових виробів застосовувалися загальноприйняті методики [6].

Вклад основних результатів дослідження. В умовах безперервного виробничого циклу приготування житньо-пшеничного хліба закваску готують вологістю 48—50 % за температури 26—28 °С. Саме такі параметри закваски є оптимальними для розвитку молочнокислих бактерій і кислотостійких дріжджів.

За дискретного режиму виробництва закваску готують вологістю 55—58 %. Така закваска закисає повільніше, що надає можливість виробляти продукцію тільки певний час. Зважаючи на це, в дослідженнях заквасок спонтанного бродіння їх готували з параметрами, близькими до виробничих. Спонтанну закваску готували з борошна житнього обдирного і води вологістю 50, 55 і 60 %

за температури 26—28 °С. Через кожні 12 год контролювали її кислотність і підйомну силу та підживлювали сумішшю з борошна і води при співвідношенні 1:1.

Після кожного з перших трьох підживлень кислотність закваски підвищувалась на 2—2,5 град, після четвертого — на 1—1,5 град. Після п'ятого поновлення, а саме через 3,5 доби, кислотність досягла 13—13,5 град. Після двох поновлень, тобто через одну добу бродіння, закваска була слабо розброджена, мала нехарактерний смак і запах. Після п'ятого підживлення її органолептичні показники були аналогічними традиційним закваскам.

Це можна пояснити зміною складу мікрофлори закваски в процесі її бродіння. З літературних джерел відомо, що в спонтанній заквасці заквашування здійснюється мікрофлорою, внесеною з борошном, яка досить різноманітна. Проте основною мікрофлорою є молочнокислі бактерії видів *L. plantarum* і *L. brevis*, а також кислотостійкі дріжджі *S. minor*. *L. plantarum* є активним продуцентом молочної кислоти і невеликої кількості (до 10 %), легких кислот. Молочнокислі бактерії *L. brevis*, порівняно з *L. plantarum* продукують менше молочної кислоти і значно більше (до 30 %), легких кислот, а також диоксид вуглецю, який бере участь у розпушуванні тістових напівфабрикатів, і до 8 % ди- і трикарбонівих кислот.

З кожним підживленням покращується склад живильного середовища, інтенсифікується життєдіяльність молочнокислих бактерій, що зумовлює підвищення кислотності закваски, пригнічується розвиток сторонньої мікрофлори, покращуються органолептичні показники якості закваски.

Як свідчать дані, наведені на рис. 1, більш інтенсивно зростає кислотність заквасок, що мають меншу вологість, зокрема закваски з вологістю 50 %. Так, за цієї вологості, зі збільшенням кількості підживлень закваски поряд з підвищенням її кислотності покращувалась підйомна сила заквасок (табл. 1). Після п'яти підживлень за кислотності 13 град підйомна сила заквасок склала 19—20 хвилин.

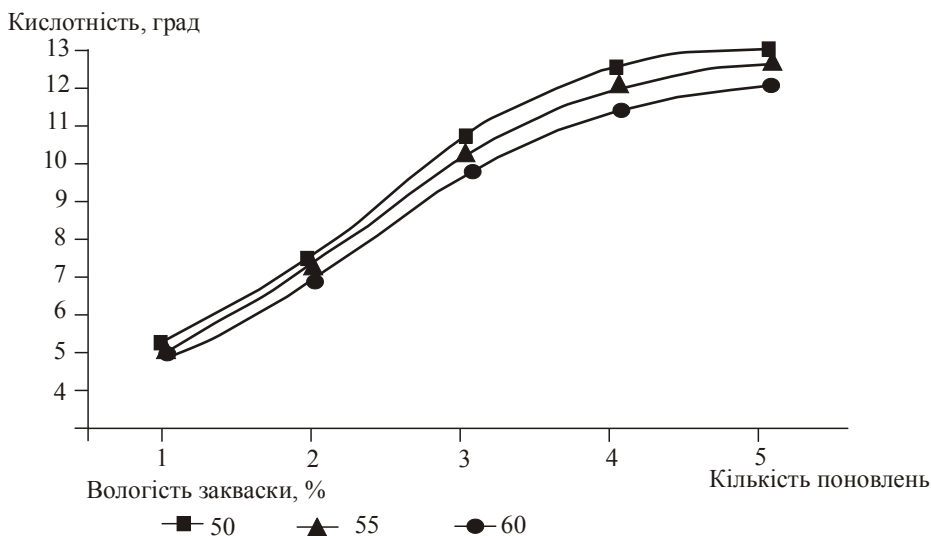


Рис. 1. Зміна кислотності закваски в процесі бродіння

Аналізуючи дані табл. 1, можна стверджувати, що закваска спонтанного бродіння вологістю 50 % за температури бродіння 26 °С після п'ятого підживлення набуває стабільної якості і може бути придатна для приготування на цій заквасці житньо-пшеничного хліба.

Таблиця 1. Характеристика закваски спонтанного бродіння (W=50 %)

Кількість поновлень	Інтервали від початку замісу	Показник	
		Кислотність, град	Підйомна сила, хв
1	через 12 год	5,5±0,2	–
2	через 24 год	8,5±0,2	58±2
3	через 36 год	10,5±0,2	46±2
4	через 48 год	12,0±0,2	35±2
5	через 60 год	13,0±0,2	19±2
6	через 72 години	13,5±0,2	18±2
7	на 4 добу	13,5±0,2	16±2
8	на 5 добу	13,5±0,2	16±2

Для підтвердження цього проводили пробні лабораторні випікання хліба з борошна житнього обдирного і пшеничного першого сорту у співвідношенні 50:50. Тісто готували вологістю 47 %.

Закваску додавали в тісто в кількості 35 %, 40 % та 45 % до маси борошна в тісті, тобто із закваскою в тісто вносили 21 %, 24 % та 27 % зброженого борошна. Кислотність закваски становила 13 град, підйомна сила — 19 хвилин. Якість хліба досліджували через 24 год за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

За результатами досліджень встановлено (табл. 2), що кислотність тіста зростає зі збільшенням кількості внесеної закваски.

Таблиця 2. Вплив закваски спонтанного бродіння на технологічний процес і якість хліба

Найменування показника	Зразки хліба при внесенні закваски, %		
	35	40	45
Тісто			
Кислотність тіста початкова, град	5,8	6,0	6,4
Кислотність тіста кінцева, град	7,4	7,8	8,2
Тривалість бродіння тіста, хв	90	90	90
Тривалість вистоювання, хв	60	55	50
Хліб			
Питомий об'єм хліба, г/см ³	2,2	2,3	2,4
Пористість хліба, %	65	66	68
Кислотність хліба, град	6,2	6,4	6,6
Зовнішній вигляд	Форма правильна, поверхня гладка		
Смак і аромат	Добре виражений, приємний		
Стан м'якушки	Еластична, не заминається		

При цьому тривалість вистоювання напівфабрикатів із збільшенням закваски зменшувалась на 5—10 хв (табл. 2). Усі зразки мали виражений інтенсивний смак і аромат, а за фізико-хімічними показниками виробли відповідали вимогам нормативної документації.

Найкращі значення питомого об'єму та пористості спостерігалися у зразках хліба, виготовлених з внесенням 45 % закваски до маси борошна. При цьому з закваскою у тісто вносилось 27 % борошна, що сприяло скороченню тривалості вистоювання виробів порівняно з іншими зразками тіста.

Висновки

Використання закваски спонтанного бродіння при виробництві житньо-пшеничного хліба дозволяє отримати вироби з високими органолептичними й фізико-хімічними показниками якості та може бути рекомендоване для виробництва житньо-пшеничних сортів хліба в умовах міні-підприємств і закладів ресторанного господарства.

Література

1. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: підручник / В.І. Дробот. — К.: Логос, 2002. — С. 368.
2. Гук П. Анализ рынка хлебобулочных изделий Украины по итогам 2014 года // Хлебный и кондитерский бизнес. — 2015. — № 1 (24). — С. 10—11.
3. Пшенишнюк Г.Ф. Вплив житніх заквасок спонтанного бродіння на кінетику кислото накопичення в тісті та якість хліба / Г.Ф. Пшенишнюк, Ю.С. Ковпак // Харчова наука і технологія. — 2011. — № 1 (14). — С. 43—46
4. Козлов Г.Ф. Производство ржанных заквасок в мини-пекарне // Г.Ф. Козлов, И.В. Паша // Наукові праці ОНАХТ. — 1997. — № 3 — С. 28—30.
5. Пшенишнюк, Г.Ф. Закваски спонтанного бродіння в технології житнього хліба / Г.Ф. Пшенишнюк, С.М. Павловський, Ю.С. Ковпак // Наукові праці ОНАХТ. — 2011. — Вип. 40, Том 1. — С. 141—145.
6. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського і макаронного виробництва / [В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва, О.А. Білик та ін.]. — К.: Центр навч. літератури, 2006. — 341 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКВАСКИ СПОНТАННОГО БРОЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

В.И. Дробот, Т.А. Сильчук

Национальный университет пищевых технологий

В статье обоснована целесообразность использования закваски спонтанного брожения при производстве ржано-пшеничного хлеба в условиях мини-предприятий и заведений ресторанного хозяйства. Определены оптимальные параметры приготовления закваски. Проанализовано влияние разного количества закваски на технологический процесс и качество хлеба. Установлено, что использование закваски спонтанного брожения позволяет получить изделия с высокими органолептическими и физико-химическими показателями качества и может быть рекомендовано для производства ржано-пшеничных сортов хлеба в условиях мини-производств и заведений ресторанного хозяйства.

Ключевые слова: *хлебобулочные изделия, ржано-пшеничный хлеб, закваска спонтанного брожения.*

ANTIOXIDANTS OF PLANT ORIGIN FOR FAT-CONTAINING CONFECTIONERY

I. Pakhomova

Lviv Commercial Academy

Key words:

*Antioxidants
Confectionery
Confectionery fat
Plant raw material
Oxidation
Hydrolysis*

Article history:

Received 15.11.2015
Received in revised form
10.12.2015
Accepted 24.12.2015

Corresponding author:

I. Pakhomova

E-mail:

inpakhomova@gmail.com

ABSTRACT

The article presents the results of study of plant raw material powders as antioxidants that effectively inhibit oxidative processes happening with confectionery fats. Oxidation and hydrolysis of fatty basis for confectionery products were determined using the reactions of benzidine and thiobarbituric acid with carbonlite compounds (benzidine and thiobarbituric value), iodometric method (peroxide value), titration method (acid value) and sensory characteristics. The expediency to use dry powders made of plant raw materials as antioxidants to increase the shelf life of fat-containing confectionery has been determined.

АНТИОКСИДАНТИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ ЖИРОВІСНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

I.В. Пахомова

Львівська комерційна академія

У статті наведено результати дослідження порошків рослинної сировини як антиоксидантів, які ефективно гальмують окисні процеси у кондитерських жирах. Процеси окиснення та гідролізу жирової основи для кондитерських виробів визначалися за реакціями бензидину й 2-тіобарбітурової кислоти з карбонільними сполуками (бензидинове і тіобарбітурове числа), йодометричним методом (пероксидне число) і методом титрування (кислотне число), а також за органолептичними показниками. Встановлено доцільність використання сухих порошків з рослинної сировини як антиоксидантів для збільшення термінів зберігання жировісних кондитерських виробів.

Ключові слова: антиоксиданти, кондитерські вироби, кондитерський жир, рослинна сировина, окиснення, гідроліз.

Постановка проблеми. Кондитерські вироби характеризуються значним вмістом жирів, однак під час зберігання жири окиснюються, що призводить до погіршення органолептичних властивостей виробів, зниження їх якості та скорочення терміну зберігання. Для збереження якості та збільшення терміну

зберігання жировмісних кондитерських виробів використовують антиоксиданти, які вносять до їх рецептури для гальмування окисних процесів у жирах [1].

Дикорослі та лікарсько-технічні рослини відрізняються високим вмістом антиоксидантів, завдяки чому вони можуть використовуватися для антиокислювальної дії на кондитерські жири. Натуральні антиоксиданти, отримані з рослин, містять у своєму складі фенольні і поліфенольні сполуки, каротиноїди, здатні швидко реагувати з пероксидними радикалами, руйнувати гіпероксиди без утворення вільних радикалів, що спричиняє розрив ланцюга і сповільнення швидкості окиснення [2]. Крім того, використання натуральних антиоксидантів підвищує харчову й біологічну цінність продукту, тому останнім часом актуальними є розробки й впровадження антиоксидантів природного походження на основі рослинної сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив природних антиоксидантів на зміну якості жирів у кондитерських виробках досліджувався у працях І.В. Сирохмана, М.І. Соболевої, А.М. Дорохович, Т.М. Лозової, В.Т. Лебединець, О.Я. Давидович та інших. Науковцями досліджено антиоксидантні властивості деяких продуктів рослинного походження. Так, наприклад, спиртові 70-відсоткові екстракти з глоду характеризуються найбільшим високим рівнем фланонолів і поліфенолів, з ожини — середнім, а з мушмули — найнижчим [3]. Важливим критерієм цінності плодів глоду є наявність у них аскорбінової кислоти, що при окисненні проявляє свої антиоксидантні властивості.

Дослідження природних добавок плодів горобини звичайної та глоду колючого, листя меліси лікарської, а також трави грициків і споришу звичайного на зміну якості кондитерських жирів показали, що найвищу антиоксидантну дію проявили складові трави грициків і листя меліси лікарської [4]. Встановлено, що порошок листя меліси лікарської продовжує терміни зберігання кондитерських виробів у 2 рази [5].

Доведена ефективність використання порошків журавлини, глоду, моркви та чорної смородини з точки зору захисту жирів від окиснення. Окрім того, використання цих природних добавок під час виробництва кондитерських виробів може позитивно вплинути на біологічну цінність готових виробів [6].

Визначення загального вмісту фенолів і антиоксидантної активності для дистильованих екстрактів базилика, лавра, петрушки, ялівцю, анісового насіння, фенхелю, ммину, кардамону та імбиру показали, що найвищими антиоксидантними властивостями володіють екстракти базилика і лавра [7].

Дослідженням антиоксидантної дії складових насіння винограду, кореня цикорію, клітковини гарбузової на кондитерський жир виявлено, що насіння винограду і корінь цикорію є найбільш ефективними інгібіторами жиру та поліпшують споживні властивості вафельних виробів [8]. Пасти та порошкоподібні концентрати з кропиви та шипшини збільшують терміни зберігання вафельних кондитерських виробів з жировими начинками в 1,5 рази [9].

Метою статті є дослідження впливу рослинних добавок — шавлії, розмарину, базилику, ммину, імбиру та плодів шипшини на зміну якості жиру кондитерського, який використовують для виготовлення жировмісних кондитерських виробів.

Виклад основних результатів дослідження. Дослідження хімічного складу шавлії та розмарину підтвердили високу антиоксидантну здатність даних трав. Шавлія проявляє свої антиоксидантні властивості завдяки вмісту терпеноїдів, стероїдів і токоферолів. Розмарин містить терпени і терпеноїди, які забезпечують антиоксидантну активність [10]. Антиоксидантна дія базиліку забезпечується флавоноїдами, каротиноїдами та вітаміном С. Завдяки багатому хімічному складу цінною добавкою у кондитерській промисловості є імбир [11]. Кмин також є ефективною сировиною у виробництві жировмісних кондитерських виробів, оскільки містить у своєму складі токоферолі, каротин і вітамін С, що також буде сповільнювати процеси окиснення у жирах. Антиоксидантна дія плодів шипшини обумовлена вмістом каротиноїдів і токоферолів [12].

Добавки вносили у вигляді сухих порошоків у кількості 0,2 % до маси жиру. До складу досліджуваного жиру входили рослинні жири й олії рафіновані дезодоровані. Масова частка загального жиру в продукті становила 99,7 %. Контрольним зразком був відповідний кондитерський жир без добавок. Дослідні зразки зберігали в термостаті за температури (50 ± 2) °C протягом 20 діб.

Зміну якості жиру у процесі зберігання контролювали за органолептичними показниками, вмістом продуктів окиснення (пероксидне, бензидинове, тіобарбітурове число) і гідролізу (кислотне число).

У відповідних умовах зберігання кондитерський жир без добавок піддавався окисним процесам, унаслідок чого на восьму добу відбувалося погіршення його органолептичних показників, а на десяту добу зберігання продукт став темнішим і набув згіркого запаху. Погіршення органолептичних властивостей продукту посилювалось у процесі зберігання.

У зразках жирів з додаванням антиоксидантів зміна органолептичних характеристик відбувалася повільніше. Так, після восьми діб зберігання в зразках кондитерського жиру з додаванням антиоксидантів не було виявлено відхилень за органолептичними показниками. На десяту добу згіркий запах і пожовтіння поверхні жиру спостерігалися у зразках із внесенням порошоків базиліку та імбиру. Зразок жиру з додаванням порошку з розмарину характеризувався дещо вищою стійкістю до автоокиснення і набув згіркого запаху на 12 добу зберігання. Найвищою стійкістю під час зберігання за температури (50 ± 2) °C відзначились зразки кондитерського жиру з додаванням порошоків шавлії, кмину і плодів шипшини, згіркий запах у яких з'явився лише на 14 добу зберігання.

Закономірність окисних процесів у досліджуваному жирі за органолептичними показниками підтвердили і результати зміни їх пероксидних чисел. Пероксидне число характеризує вміст у жирі первинних продуктів окиснення — пероксидів і гіпероксидів, які мало впливають на органолептичні показники, але свідчать про зміни в досліджуваному продукті. У міру накопичення вторинних продуктів окиснення — оксисполук, альдегідів, кетонів, вільних жирних кислот — в жирі з'являється неприємний смак і запах, характерний для цих сполук [4]. Визначаючи накопичення пероксидних сполук під час зберігання кондитерського жиру, можна встановити його стійкість до окиснення. Результати дослідження впливу природних добавок рослинної сировини на зміну пероксидного числа кондитерського жиру наведені на рис. 1, 2.

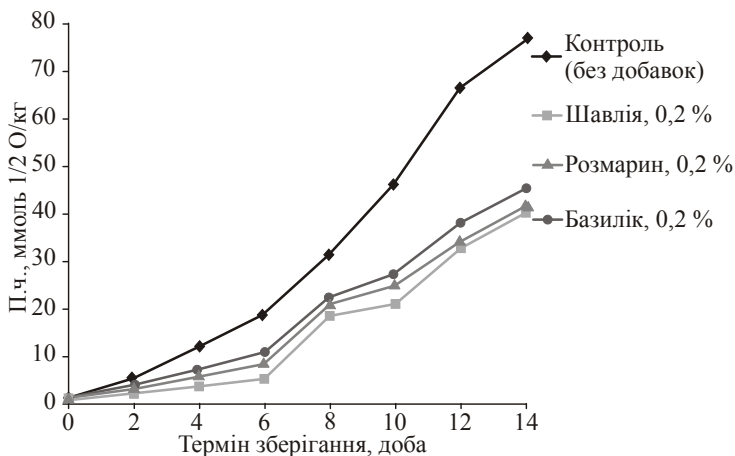


Рис. 1. Динаміка пероксидного числа кондитерського жиру за температури (50±2) °С з рослинними добавками

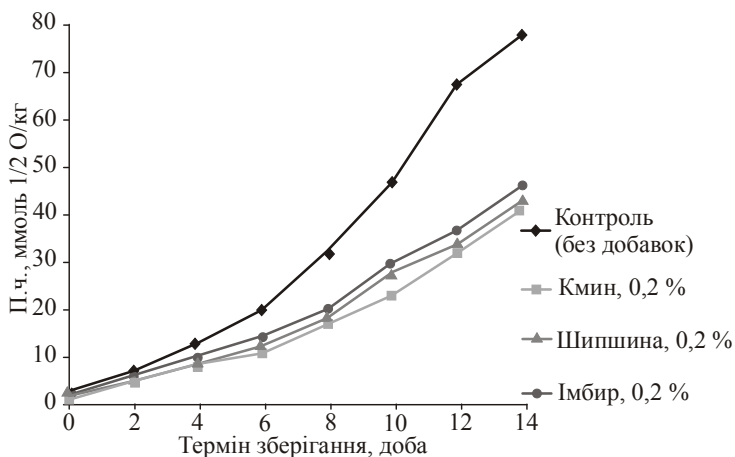


Рис. 2. Динаміка пероксидного числа кондитерського жиру за температури (50±2) °С з рослинними добавками

Отримані результати показали, що серед дослідних зразків жиру пероксидне число інтенсивніше зростало у пробі без добавок, а всі досліджувані добавки антиоксидантів рослинної сировини сповільнювали окисні процеси. Але ефективність антиоксидантної дії кожної добавки була індивідуальною. Найбільшу антиоксидантну активність проявили шавлія та шипшина. На 14 добу зберігання зразків кондитерського жиру найкращі антиоксидантні властивості мали кмин, шавлія, розмарин і шипшина. Їх значення пероксидних чисел були менші за контрольні у 1,8—1,9 раза. Дещо нижчу стабілізуючу дію виявили базилік та імбир (1,7 раза).

Подальша зміна якості жирі пов'язана з нагромадженням коротколанцюгових альдегідів і кетонів, які є вторинними продуктами окиснення. Глибину окисних перетворень у досліджуваних зразках жиру можна простежити накопиченням вторинних продуктів окиснення, що реагують з бензидином (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив рослинних добавок на зміну бензидинового числа кондитерського жиру за температури (50±2) °С, $E_{1\text{см}}^{1\%}$, $p \leq 0,05$, $n=3$

Рослинні добавки (0,2 % до маси жиру)	Тривалість зберігання, дів	
	15	20
Контроль (без добавок)	0,580±0,045	0,696±0,050
Порошок шавлії	0,136±0,023	0,384±0,045
Порошок розмарину	0,466±0,025	0,596±0,033
Порошок базилику	0,470±0,035	0,608±0,035
Порошок кмину	0,128±0,023	0,333±0,025
Порошок плодів шипшини	0,341±0,025	0,310±0,025
Порошок імбиру	0,248±0,025	0,414±0,025

Встановлено, що досліджувані рослинні добавки інтенсивно гальмували накопичення карбонільних сполук. На 15 добу зберігання біоантиоксиданти виявилися більш ефективними: кмин — у 4,5 раза, шавлія — в 4,3 раза, імбир — у 2,3 раза, шипшина — в 1,7 раза, розмарин і базилік — в 1,2 раза. На 20 добу зберігання показники бензидинового числа у пробах жиру з інгібіторами були менші за контроль: з шипшиною — у 2,2 раза, кмином — у 2 рази, шавлією — в 1,8 раза, імбиром — в 1,7 раза, розмарином і базиліком — в 1,2 раза.

Антиоксидантна дія добавок проявляється і в накопиченні моно- й діальдегідів, що реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою. Для встановлення об'єму накопичення вторинних продуктів окиснення на останній день зберігання зразків жиру досліджено тіобарбітурове число жиру (рис. 3).

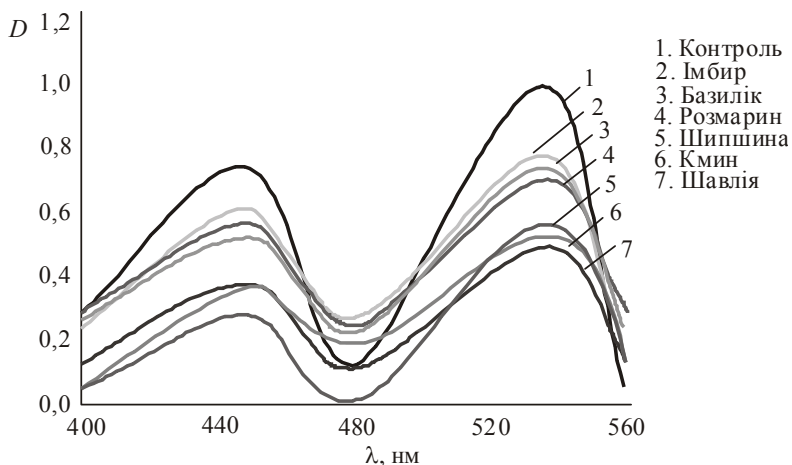


Рис. 3. Спектрограми продуктів окиснення кондитерського жиру після 20 дів зберігання за температури (50±2) °С

З рис. 3 видно, що найбільшою кількістю моноальдегідів характеризується контрольний зразок, а найменшою — зразок із додаванням порошку плодів шипшини, кількість зазначених речовин у ньому в 2,7 раза менша за контроль. Інші зразки жиру із внесенням природних стабілізаторів також містили меншу кількість моноальдегідів, ніж контроль: із додаванням порошків кмину — в 2,05 раза, шавлії — 1,98 раза, базилику — в 1,44 раза, розмарину — в 1,33 раза, імбиру — в 1,23 раза.

Що стосується кількості діальдегідів, то вона була найменшою в зразках з додаванням порошків шавлії і кмину — у 2,0 та 1,92 раза та відносно низькою у зразку з шипшиною — у 1,77 раза менше за кількість цих сполук у контрольному зразку жиру. Кількість діальдегідів зразку жиру без додавання біоантиоксидантів і зразків з додаванням порошків розмарину, базиліку та імбиру була більша в 1,43, 1,35, 1,29 раза. Отже, величини максимумів поглинання спектрограм продуктів окиснення підтверджують стабілізуючу дію досліджуваних біоантиоксидантів.

Внесені рослинні добавки у зразки кондитерського жиру також обмежували накопичення вільних жирних кислот (табл. 2). Кислотне число визначали у період зміни органолептичних властивостей досліджуваних зразків (10 доба) і в останню добу зберігання (20 доба).

Таблиця 2. Вплив рослинних добавок на зміну кислотного числа кондитерського жиру за температури (50±2) °С, мг КОН, $p \leq 0,05$, $n=3$

Рослинні добавки (0,2 % до маси жиру)	Тривалість зберігання, діб	
	10	20
Контроль (без добавок)	0,48±0,030	1,34±0,035
Порошок шавлії	0,43±0,023	0,93±0,030
Порошок розмарину	0,45±0,035	0,97±0,035
Порошок базиліку	0,39±0,020	0,99±0,025
Порошок кмину	0,41±0,033	0,88±0,034
Порошок плодів шипшини	0,43±0,011	0,91±0,025
Порошок імбиру	0,36±0,025	0,96±0,033

Наявність вільних жирних кислот спостерігалась на 10 добу зберігання зразків кондитерського жиру. Так, найменша кількість вільних кислот була у пробах з додаванням імбиру, базиліку і кмину (в 1,2—1,3 раза перевищувала контроль). Кислотне число збільшується з подовженням терміну зберігання жиру. Після 20 діб зберігання кількість жирних кислот була більшою у контрольному зразку порівняно зі зразками жиру, які містили біоантиоксиданти, в 1,36—1,53 раза. Найефективнішою виявилася добавка з порошку кмину.

Так, дослідження підтверджують, що внесення добавок рослинної сировини помітно знижують гідролітичні процеси у кондитерському жирі. Також прослідковується певний взаємозв'язок між окисними й гідролітичними процесами в кондитерському жирі під час зберігання протягом усього дослідження.

Висновки

Досліджені антиоксиданти рослинного походження ефективно гальмують окисні процеси кондитерського жиру. Але кожна добавка проявляє свою антиоксидантну дію індивідуально, тому перспективним напрямком є застосування відповідних зразків рослинної сировини для виготовлення жиромісних кондитерських виробів.

Література

1. Кричман Е.С. Антиоксиданты для масложировых продуктов / Е.С. Кричман // Пищевая промышленность. — 2007. — № 2. — С. 26—30.
2. Яшин А.Я. Определение содержания природных антиоксидантов в пищевых продуктах и БАДах / А.Я. Яшин, Н.И. Черноусова // Пищевая промышленность. — 2007. — № 5 — С. 28—29.

3. Джабоева А.С. Дикорастущие плоды — перспективное сырье для извлечения биологически активных веществ / А.С. Джабоева, М.Ю. Тамова, А.С. Кабалоева [и др.] // Пищевая технология. — 2007. — № 5—6. — С. 21—23.

4. Родак О. Дослідження екстрактів лікарсько-технічної сировини як антиоксидантів окиснення жирів у кондитерських виробках / О. Родак, М. Філь // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2011. — № 11—12. — С. 19—21.

5. Давидович О.Я. Вплив природних добавок на збереження якості ліпідної фракції печива цукрового / О.Я. Давидович, Т.М. Лозова // Продукты&ингредиенты. — 2012. — № 2. — С. 20—21.

6. Лозова Т.М. Вплив добавок рослинного походження на збереження якості жирової основи кексів / Т.М. Лозова, Х.І. Ковальчук // Наукові праці. Одеська національна академія харчових технологій. — 2009. — № 36 (т. 1). — С. 40—41.

7. Сирохман І.В. Антиоксиданти природного походження для кондитерських жирів / І.В. Сирохман, Р.М. Бойдуник // Вісник Львівської комерційної академії. — 2009. — Вип. 10. — 138 с.

8. Лебединець В.Т. Споживні властивості і збереженість вафель з рослинними добавками: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.15 «Товарознавство харчових продуктів» / Лебединець Віра Тарасівна; КНТЕУ. — К., 2005. — 22 с.

9. Мирошникова Т.Н. Разработка технологии кондитерских изделий функционального назначения увеличения срока годности с применением полуфабрикатов лекарственных растений: автореф. дис. на соиск. научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / Т.Н. Мирошникова. — Воронеж, 2001. — 24 с.

10. Головка М.П. Антиоксидантні властивості деяких видів рослинної сировини [Текст] / М.П. Головка, Н.М. Пенкіна, В.В. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий (Технологии органических и неорганических веществ). — 2011. — № 4/5 (52). — С. 9—11.

11. Данилова Л.А. Природні антиоксиданти [Текст] / Л.А. Данилова // Харчова та переробна промисловість. — 2003. — № 3. — С. 18—19.

12. Попова И.Ю. О применении сверхкритических углекислотных экстрактов из растительного сырья в качестве антиоксидантных добавок / И.Ю. Попова, Н.В. Сизова, А.Р. Водяник [Електронний ресурс]. — Режим доступа: extract.ru.

АНТИОКСИДАНТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

И.В. Пахомова

Львовская коммерческая академия

В статье приведены результаты исследования порошков растительного сырья как антиоксидантов, которые эффективно тормозят окислительные процессы в кондитерских жирах. Процессы окисления и гидролиза жировой основы для кондитерских изделий определяли по реакциям бензидина и 2-тио-барбитуровой кислоты с карбонильными соединениями (бензидиновое и тио-барбитуровое числа), йодометрическим методом (пероксидное число) и методом титрования (кислотное число), а также по органолептическим показателям. Установлена целесообразность использования сухих порошков из растительного сырья как антиоксидантов для увеличения сроков хранения жиросодержащих кондитерских изделий.

Ключевые слова: антиоксиданты, кондитерские изделия, кондитерский жир, растительное сырье, окисление, гидролиз.

RELATIONSHIP BETWEEN FOOD STRUCTURE AND HEALTH AS A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR DEVELOPING PRODUCTS FOR MILITARY PERSONNEL

G. Simakhina, A. Ukrainets

National University of Food Technologies

Key words:

*Military personnel
New foodstuffs
Optimizing the nutrient
composition
Human ecology for
dangerous jobs*

Article history:

Received 12.11.2015
Received in revised form
24.11.2015
Accepted 13.12.2015

Corresponding author:

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

ABSTRACT

The article represents the data concerning the consequences of physical changes in a human organism in extreme conditions and the possibilities to impact directly the normalization of its functioning. The direct relation between nutrition, state of health, and human's resistance to harmful factors of ecological and social environment was proved on the ground of evidence-based medicine. The priority tasks for the production of new functional foodstuffs for military personnel were formulated. It is shown that one of the basic requirements to the balanced meal of the XXI century is that such meal should meet the nutritional needs of a human or a certain group of people, in this case, in conditions of battle actions. Balanced diet is an important factor for strengthening health and maintaining high efficiency of soldiers, both in peaceful time and during the active phase of fights. Because diet should be considered as an interaction of human with the environment, the priorities for production of new functional food for military personnel are developed and formulated.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК СТРУКТУРИ ХАРЧУВАННЯ І ЗДОРОВ'Я — КОНЦЕПТУАЛЬНА ОСНОВА РОЗРОБЛЕННЯ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Г.О. Сімахіна, А.І. Українець

Національний університет харчових технологій

У статті наведено дані щодо закономірностей фізіологічних змін в організмі людини в екстремальних умовах і можливості цілеспрямованого впливу на нормалізацію його функціонування. На основі принципів доказової медицини обґрунтовано безпосередній зв'язок між харчуванням і станом здоров'я людини, її стійкістю до шкідливих чинників довкілля й соціального середовища. Сформульовано першочергові завдання з виробництва нових функціональних продуктів для військовослужбовців. Показано, що однією з основних вимог до раціонального харчування XXI ст. є відповідність його компонентного складу

нутриєтивним потребам людини або групи людей у певних умовах життєдіяльності, в даному випадку — в умовах бойових дій. Раціональне харчування — надзвичайно важливий фактор збереження і зміцнення здоров'я, а також підтримання високої боєздатності солдатів як в мирних умовах, так і під час активної фази боїв. Оскільки раціон необхідно розглядати як обумовлену зовнішніми факторами взаємодію людини з навколишнім середовищем, розроблено і сформульовано першочергові завдання з виробництва нових функціональних продуктів для військовослужбовців.

Ключові слова: військовослужбовці, нові продукти, оптимізація нутрієнтного складу, екологія людини небезпечних професій.

Постановка проблеми. В останні роки завдяки зусиллям фахівців у галузі професійних захворювань, представників Військово-медичної академії, науково-дослідних установ створено фактично нову галузь знань — екологію людини небезпечних професій [1].

Виходячи з того, що основним предметом вивчення цієї галузі знань є людина, яка в процесі виконання своїх професійних і громадянських обов'язків піддається підвищеному ризику для життя та здоров'я, можна, без перебільшення, констатувати, що військовослужбовці, особливо в зоні АТО, належать до категорії осіб небезпечних професій, які функціонують в агресивних умовах зовнішнього середовища.

На жаль, питання впливу складних умов довкілля на організм військовиків на сьогодні мало вивчено. Звертає на себе увагу практична відсутність сучасних досліджень робочих можливостей організму солдатів в умовах, адекватних тим, яких зазнають у зоні АТО.

Особливе занепокоєння викликає це питання стосовно фізичного та психічного здоров'я молодих солдатів. Адже в недалекому майбутньому це покоління стане активним та відповідальним членом нашого суспільства. І якщо здоров'я дорослої людини значною мірою є похідною її власної поведінки і ставлення до свого організму, то самопочуття молоді надто залежить від того мікросоціуму та довкілля, яке його оточує.

Мета дослідження полягає в тому, щоб, розглядаючи харчовий статус людини як ефективний профілактичний і лікувальний захід, з'ясувати основні завдання перед розробниками спеціальних харчових продуктів, які разом із комплексом медико-психологічних та еколого-гігієнічних засобів сприяли б підвищенню стійкості організму військових до негативних чинників, поліпшенню адаптаційних можливостей і загальної витривалості.

Матеріали і методи. В основу методологічної бази дослідження покладено методи наукового пізнання, системного підходу й узагальнення результатів наукових праць у даному напрямі.

Виклад основних результатів дослідження. Нині проблема впливу на організм людини численних несприятливих чинників природного й соціального середовища стає дедалі актуальнішою у зв'язку зі збільшенням антропогенних екологічних навантажень, виснаженням адаптаційних і компенсаторних механізмів.

Діяльність військовослужбовців здійснюється в умовах цілого комплексу екстремальних чинників і ускладнюється надмірною нервово-емоційною та фізичною напругою. В деяких випадках величина і тривалість дії таких чинників досягають межі фізіологічних можливостей, що знижує боєздатність бійців, викликає різні захворювання і депресивні стани. Знання закономірностей фізіологічних змін організму в таких умовах надає можливість цілеспрямовано впливати на резистентність і працездатність.

В умовах бойових дій військовослужбовець стає активним учасником системи **людина — навколишнє екстремальне середовище**, і в цій системі обов'язковим є зворотній зв'язок між довкіллям і людиною, а також індивідуальний підвищений ризик, який поєднується з високим напруженням фізичних і психічних сил.

Така складна ситуація супроводжується виникненням і розвитком важких захворювань, у декілька разів частіших, ніж у звичайних умовах. У [2] наведено переконливі дані: сечокам'яна хвороба зустрічається частіше у 6 разів, міокардиострофія і хвороби серцево-судинної системи, функціональні порушення нервової системи — у 4 рази, дегенеративно-дистрофічні захворювання хребта — у 3 рази, імунодефіцитні й автоімунні захворювання — у 2 рази, захворювання шлунково-кишкового тракту — в 1,5 раза.

Це, звичайно, не професійні захворювання «в чистому вигляді», а, швидше, професійно зумовлені або, точніше, професійно прискорені хвороби. Наведені факти зумовлюють пошук нових підходів до вирішення проблеми збереження і поліпшення стану здоров'я військового — людини небезпечної професії та підвищення стійкості його організму до дії несприятливих екологічних і соціальних чинників, особливо в зоні бойових дій.

Один із найперспективніших шляхів, безумовно, має ґрунтуватись на концепції **кількості здоров'я** військовослужбовців, яка повинна повною мірою враховувати всі особливості їхньої життєдіяльності.

Слід зазначити, що у [3, 4] автори обґрунтовують концепцію якості життя людини небезпечних професій і вважають, що суспільство повинне платити за підвищений ризик поліпшенням якості життя професіоналів. Це, звичайно, теж важливо, однак, із нашої точки зору, першочергово потрібно забезпечити військовослужбовцям умови, які гарантують належний стан їхнього здоров'я, швидку реабілітацію після хвороби чи поранення, запобігають інвалідизації.

Поняття кількості здоров'я є важливим засадничим положенням теорії здоров'я, розробленої всесвітньовідомим ученим, видатним хірургом, кібернетиком Миколою Амосовим.

У [5] учений формулює свою точку зору таким чином: «Науковий підхід до поняття «здоров'я» повинен бути кількісним. «Кількість здоров'я» — ось що потрібно». І тут же наводиться визначення поняття кількості здоров'я як суми «резервних потужностей» основних функціональних систем організму людини.

Це визначення можна трактувати так: існує певна потужність функціонування організму в нормальних умовах і його максимальні можливості, які виявляються в екстремальних ситуаціях, коли організм прагне зберегти себе як біологічний вид.

Існує навіть спосіб визначення еквівалентних і ефективних рівнів екстремальних впливів на організм у будь-який момент часу [6]. Тобто показник «кількості здоров'я» можна розглядати як векторне поняття, для якого реально розробити кількісні індекси та коефіцієнти, співвідносячи їх із тими чи іншими показниками здоров'я людини.

Аналіз медичної літератури за цим напрямом показує, що на всіх історичних етапах розвитку медицини простежуються дві лінії:

- перша обґрунтовує відновлення порушеного стану здоров'я за допомогою ліків,

- друга свідчить про можливість досягти цієї ж мети шляхом мобілізації природних захисних сил організму [7].

Більш того, у [8] автори вважають, що достатніми профілактичними заходами можна навіть запобігти підвищеним ризикам для здоров'я людей небезпечних професій.

Безумовно, найефективнішим профілактичним і лікувальним заходом є харчування, створене на основі нових продуктів функціонального спрямування, біокомпоненти яких здатні і захистити організм військового від несприятливих фізичних та психологічних чинників, і мобілізувати природні захисні сили організму.

Відновлення і поліпшення стану здоров'я військових шляхом адекватного харчування має істотні переваги перед медикаментозним лікуванням також із точки зору кількісного показника **«користь — шкода»**.

Виходячи зі значущості стану здоров'я військовослужбовців у контексті розвитку та безпеки країни, з важливості раціонального харчування військових, адекватного до екстремальних умов їхньої життєдіяльності, а також із необхідності вжиття термінових заходів із питань розроблення та виробництва нових функціональних продуктів, формування на їхній основі раціонів харчування для військових і забезпечення ними усіх бійців — зрозумілою є актуальність виконання теоретичних і практичних досліджень у даному напрямі.

Для оптимізації харчування військовослужбовців, адекватного екстремальним умовам їхньої життєдіяльності, необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз фактичного харчування військових у сучасних умовах із точки зору відповідності компонентного складу продуктових наборів, їхньої харчової, біологічної й енергетичної цінності Нормам харчування, встановленим у 2002 р., і забезпеченості фізіологічних потреб організму в необхідних біокомпонентах;

- переглянути, удосконалити та скорегувати існуючий балансовий підхід до нутрієнтного складу харчових продуктів для військових з урахуванням нових даних про потреби організму людини в екстремальних умовах життєдіяльності;

- розробити науково обґрунтовані гігієнічні рекомендації щодо складу нових харчових продуктів з точки зору необхідного вмісту основних нутрієнтів і забезпечення організму військових білковою, жирною, вуглеводною, вітамінною та мінеральною складовими;

- теоретично обґрунтувати базові засади розроблення та формування спеціальних харчових раціонів для військовослужбовців як науково визначених, фізіологічно достатніх нутритивним потребам людини або групи людей у складних умовах, зокрема в умовах бойових дій; абсолютно безпечних, що

гарантують належний стан здоров'я військовиків, підвищені адаптаційні можливості організму та здатність до швидкого самовідновлення;

- на основі зернових, молочних, м'ясних, олієжирових середовищ розробити інноваційні технології нових видів функціональних харчових продуктів, дієтичних добавок, поліфункціональних збагачувачів із урахуванням основних принципів харчової комбінаторики, з використанням винятково натуральної сировини;

- дати оцінку розробленим продуктам з точки зору органолептичних властивостей, показників якості та безпеки, і розробити науково обґрунтовані рекомендації стосовно розширення існуючих продуктових наборів для військовиків за рахунок нових функціональних продуктів.

Оскільки створення харчових продуктів і харчових раціонів для військових є багатогалузевою комплексною проблемою, її вирішення потребує всебічної державної підтримки у забезпеченні промислового виробництва розробленої продукції, її клінічної апробації та доведення створених раціонів до столу військовослужбовців.

Державна підтримка на цьому етапі полягає також у необхідності достатнього фінансового забезпечення для розроблення нормативної документації (технологічний регламент, технологічні інструкції) на створені функціональні продукти для військовиків; на отримання медичних і гігієнічних висновків щодо безпеки й якості сировини і продуктів для харчування військовиків; на технічне переоснащення підприємств, перепрофільованих на виробництво поліфункціональних збагачувачів та функціональних харчових продуктів для військових.

З нашої точки зору, і аналіз фактичного харчування військових, і корегування існуючого балансового підходу до нутрієнтного складу продуктів повинні ґрунтуватись на теорії збалансованого харчування та рекомендованих нормах споживання енергії, білків, жирів і вуглеводів для здорової людини, з урахуванням специфіки трудової діяльності 4-ї або навіть 5-ї категорій інтенсивності навантажень, до яких належать особи, зайняті важкою або особливо важкою фізичною працею.

Виконані в Проблемній науково-дослідній лабораторії та на кафедрі технології оздоровчих продуктів теоретичні дослідження дали можливість зробити висновок, що позитивний ефект харчових раціонів на організм військовиків має виражатись не лише у поновленні витрат енергії та поживних речовин, а й справляти індукуючий вплив на активацію метаболічних процесів, необхідних для виконання специфічних навантажень, особливо в умовах бойових дій.

Нині практично неможливо на основі традиційних харчових продуктів розробити адекватний раціон для військових, який відповідав би всім зазначеним вимогам, а асортимент продуктів, призначений спеціально для військовиків, узагалі відсутній. І тому при вирішенні певних питань, пов'язаних із науковим обґрунтуванням корегування раціонів для військових, ми беремо за аналогію деякі рекомендації з організації харчування для спортсменів, оскільки ця група спецконтингенту під час тренувань і спортивних змагань також піддається великим фізичним та психоемоційним навантаженням.

Наприклад, спеціальні дослідження на спортсменах показали, що при фізичних та нервово-емоційних перевантаженнях потреба у вітамінах, зважаючи на особливості їхньої фізіологічної дії, значно зростає [9]. Очевидно, на цю залежність необхідно звернути увагу при розрахунку вітамінної складової в добовому раціоні військових.

Відомо, що більшість водорозчинних вітамінів групи В бере участь у побудові ряду ферментів, входячи до складу коферментних груп. Разом з тим, відомо, що комбінація вітамінів групи В, а саме — $V_1 + V_2 + V_5 + V_6 + V_3 + V_9 + V_{12}$, сприяє нормалізації метаболізму вегетативних центрів, процесів утворення, передачі імпульсів і трофіки нейронів, покращує функціонування нервових клітин і підкіркових центрів, за рахунок чого нормалізується вегето-емоційний статус. І оскільки в екстремальних умовах використання цих вітамінів та їхніх похідних у біосинтезі значного числа ферментів збільшується, то організм відчуває не лише вітамінний дефіцит, а й порушення емоційного стану.

У добовому раціоні військовиків частка вітамінів має бути збільшена стосовно рекомендованих норм споживання і, ймовірно, займати проміжне положення між фізіологічною й терапевтичною дозами. Це допустимо і з точки зору безпеки вживання водорозчинних вітамінів, оскільки вони в організмі людини не накопичуються.

Слід ураховувати також не лише негативний вплив на організм воїна дефіциту певних вітамінів, а й розбалансованість хімічного складу раціонів і порушення оптимальних співвідношень між вітамінами та іншими нутрієнтами. Ці декілька прикладів показують, наскільки складним і відповідальним завданням є розроблення харчових раціонів військових, особливо для умов бойових дій, а його вирішення потребує глибоких знань у галузях біохімії, гігієни та фізіології харчування, нутриціології, сучасних харчових технологій.

Ми розробили основні вимоги до нутрієнтного складу харчових продуктів для військовиків, що ґрунтуються на семи положеннях, у яких констатується, що харчові продукти для військових повинні посісти статус спеціальних; основною умовою їх виробництва є використання природної сировини, що містить інгредієнти з широким спектром фізіологічних впливів; обґрунтовано первинну роль білкової складової при моделюванні нових продуктів; зазначено особливості жирової складової у нових продуктах; необхідність використання максимальних доз важкозасвоєваних вуглеводів, вітамінів і мінеральних елементів, передусім антиоксидантної дії.

Запропоновано також методологію оптимізації нутрієнтного складу функціональних продуктів для військових, яка передбачає послідовність ряду етапів, починаючи з аналізу передумов для розроблення функціональних харчових продуктів і завершуючи затвердженням нормативної документації з їх виробництва.

З'ясовано особливості організації харчування військових у польових умовах; для аналізу адекватності харчування у цих умовах використовували розрахунковий метод, який передбачає оцінку надходження нутрієнтів з раціоном та їх відповідність рекомендованим нормам споживання. Інформа-

цію про фактичне харчування, якісний і кількісний склад раціону отримували з використанням даних розкладок, норм харчування та сухих пайків.

Здійснений аналіз фактичного добового раціону військовослужбовців Збройних Сил України на основі повсякденного набору сухих продуктів для їх харчування виявив невідповідність фактичного забезпечення макро- та мікро-нутриєнтами рекомендованих норм і незбалансованість як між окремими групаминутриєнтів, так і всередині певних груп.

Так, білковий склад набору перевищує денну потребу у білку на 13 %, однак за рахунок білків рослинного походження частка жирової складової становить лише 72 % від добової потреби, причому практично відсутні біологічно цінні поліненасичені та мононенасичені жирні кислоти; добова забезпеченість вуглеводами складає лише 64,2 %, а харчовими волокнами — 20 %. Енергетична цінність набору сухих продуктів складає 3039 ккал, що на 861 ккал менше за норму. Стосовно мінеральної складової, виявлено надлишок натрію, фосфору та заліза; виявлено нестачу магнію, калію, кальцію; практично повністю відсутні селен, йод, цинк, мідь, кобальт, молібден. Дефіцит вітамінів групи В становить від 20 до 60 %, інші вітаміни, за винятком вітаміну Е, майже відсутні.

Оскільки, як уже зазначалося, спеціальні дослідження із раціонів харчування військових відсутні, то можна орієнтуватись на організацію харчування для працівників, які виконують свої професійні обов'язки вахтовим методом (наприклад, 30-кілометрова зона ЧАЕС), і в цих раціонах медики рекомендують збільшувати кількість білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин та вітамінів на 20...25 % порівняно з фізіологічними потребами організму.

Висновки

Збереження і поліпшення фізичного та психофізичного стану військовиків у нинішніх умовах потребує організації спеціалізованої системи допомоги, орієнтованої на вирішення цієї надзвичайно важливої для України проблеми. Вона не повинна зводитись лише до традиційного медичного втручання, а спиратись на сучасні підходи до формування культури здоров'я в екстремальних умовах, використовуючи технології фізичної та психічної реабілітації.

Та найбільш важливою складовою такої системи має стати спеціальний раціон харчування, розроблений відповідно до потреб організму в екстремальних умовах.

Включення спеціальних харчових продуктів до раціонів військовослужбовців забезпечує підвищення стійкості організму до фізичних і психоемоційних впливів, профілактики захворювань і корегування функціонального стану в екстремальних умовах життєдіяльності.

Для створення та виробництва таких продуктів необхідно вирішити ряд завдань із моделювання, оптимізаціїнутриєнтного складу, розроблення й виробництва функціональних харчових продуктів для військовослужбовців.

Запобігти ряду несприятливих чинників довкілля і діяльності військовиків при виконанні професійних і громадянських обов'язків у багатьох ситуаціях практично неможливо. Однак медикам, гігієністам, екологам, психологам необхідно чітко уявляти як імовірні негативні наслідки, так і профілактичні

заходи щодо їх усунення. І найкращим варіантом має бути повна взаємодія представників зазначених професій із фахівцями харчових технологій для розроблення принципово нових комплексних підходів до створення і вдосконалення технічних засобів захисту та профілактичних методів, що ґрунтуються на розроблених і створених спеціальних раціонів харчування для військовиків.

Література

1. Лисицын Ю.Г. Теория медицины XX века / Ю.Г. Лисицын. — М.: Медицина, 1999. — 176 с.
2. Пономаренко В.А. Страна Авиация — черное и белое / В.А. Пономаренко. — М.: Наука, 1995. — 288 с.
3. Давыдов Б.И. Радиационный риск, здоровье, качество жизни: медико-психологические и социально-экологические аспекты / Б.И. Давыдов, В.А. Пономаренко // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2003. — № 2. — С. 4—12.
4. Ушаков И.Б. Квалификация жизни и отдаленные радиационные последствия / И.Б. Ушаков, С.И. Гусев. — М.: Вычислительный центр РАН, 2009. — 122 с.
5. Амосов Н.М. Энциклопедия здоровья Н. Амосова / Н.М. Амосов. — Донецк: Сталкер, 2003. — 463 с.
6. Новиков В.С. Патогенетические механизмы развития экстремальных состояний / В.С. Новиков // Вестник Рос. военно-мед. академии. — 2004. — № 1. — С. 57—64.
7. Симахина Г.О. Технологія оздоровчих харчових продуктів: підручник / Г.О. Симахина, Н.В. Науменко. — К.: НУХТ, 2015. — 402 с.
8. Пономаренко В.А. Риск — категория экологическая / В.А. Пономаренко, Г.П. Ступаков // Авиация и космонавтика. — 2000. — № 1. — С. 30—31.
9. Карповець П.М. Фактичне харчування спортсменів як основа розробки адекватного харчування / П.М. Карповець, Л.І. Григор'єва // Проблеми харчування. — 2003. — № 1. — С. 26—33.

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ ПИТАНИЯ И ЗДОРОВЬЯ — КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Г.О. Симахина, А.И. Украинец

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены данные относительно закономерностей физиологических изменений в организме человека в экстремальных условиях и возможности целенаправленного влияния на нормализацию его функционирования. На принципах доказательной медицины обоснована непосредственная связь между питанием и состоянием здоровья человека, его устойчивостью к вредным факторам природной среды и социального окружения. Показано, что одним из основных требований к рациональному питанию XXI века является соответствие его компонентного состава нутритивным потребностям человека или группы людей в определенных условиях жизнедеятельности, в данном случае — в условиях боевых действий. Рациональное питание — чрезвычайно важный фактор сохранения и укрепления здоровья, а также поддержания высокой боеспособности солдат как в мирных условиях, так и во время активной фазы боев. Поскольку рацион необходимо рассматривать как обусловленное внеш-

ними факторами взаимодействие человека с окружающей средой, разработаны и сформулированы первоочередные задания по производству новых функциональных продуктов для военнослужащих.

Ключевые слова: *военнослужащие, новые продукты, оптимизация нутриентного состава, экология человека опасных профессий.*

GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF SPELT GRAINS DEPENDING ON THE VARIETY

N. Osokina, V. Lubich, V. Voziyan
Uman National University of Horticulture

<p>Key words:</p> <p><i>Spelt</i> <i>Caryopsis</i> <i>Length</i> <i>Width</i> <i>Thickness</i></p> <hr/> <p>Article history: Received 13.11.2015 Received in revised form 29.11.2015 Accepted 13.12.2015</p> <hr/> <p>Corresponding author: V. Voziyan E-mail: npnuft@ukr.net</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>The geometric characteristics of spelt grain depending on the variety were investigated. It was found that the volume of grains, the area of the external surface, the specific surface, the volume and area of surface layers of the outer surface vary considerably depending on the linear dimensions of grains and grain variety. The increase of geometric size of caryopsis expands the external surface area, the volume of surface layers of caryopsis and its volume. The most valuable varieties for processing are Australia 1 and LPP 3218, LPP 1305, LPP 3132, LPP 1224, LPP 3117 lines, because these grains have low volume of surface layers, and, respectively, have higher content of endosperm.</p>
---	--

ГЕОМЕТРИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА СПЕЛЬТИ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ

Н.М. Осокіна, В.В. Любич, В.В. Возіян
Уманський національний університет садівництва

У статті досліджено геометричну характеристику зерна спельти залежно від сорту. Встановлено, що об'єм зернівки, площа зовнішньої поверхні, об'єм поверхневих шарів і площа зовнішньої поверхні істотно змінюються залежно від лінійних розмірів зернівки та сорту. Збільшення геометричних розмірів зернівки зумовлює зростання площі зовнішньої поверхні, об'єму поверхневих шарів зернівки й об'єму зернівки. Найбільш цінними для переробки є сорти Австралійська 1, лінії LPP 3218, LPP 1305, LPP 3132, LPP 1224, LPP 3117, оскільки їхнє зерно має низький об'єм поверхневих шарів і, відповідно, містить більшу частку ендосперму.

Ключові слова: *спельта, зернівка, довжина, ширина, товщина.*

Постановка проблеми. Для оцінки геометричних характеристик зернової маси використовуються такі показники: лінійні розміри зерна, його об'єм (V), площа зовнішньої поверхні (F), їхнє відношення (V/F), форма зерна і показник сферичності (ϕ). Геометричну форму та лінійні розміри зерна оцінюють за довжиною (найбільший розмір), шириною (найбільший поперечний роз-

мір), товщиною (найменший поперечний розмір) [9]. При цьому важливе значення має стан поверхні зерна, його сипкість і гігроскопічність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Усі вищезазначені показники перебувають у складній залежності від таких чинників, як вологість, температура, режимів післязбиральної або водно-теплової обробки, умов зберігання зерна і впливають на вибір режимів сепарування, подрібнення та площення. Прямо або непрямо показники взаємопов'язані один з одним і значно впливають на технологічні властивості зерна.

Проектування та розрахунок обладнання для здійснення технологічних операцій неможливі без знання властивостей матеріалів, що обробляються [5]. Так, очищення та сортування виконують, використовуючи аспірацію сепаруванням повітрям, просіювання через решета різного типорозміру та скорочування на похилих поверхнях, що виконуються з урахуванням фізико-механічних властивостей зерна культури [3, 4, 10]. Показник питомої поверхні зерна має важливе значення під час сушіння зерна, оскільки від нього залежить інтенсивність теплообміну та дифузії вологи в зерні [7].

Форма та лінійні розміри зерна впливають на вибір сит сепараторів і характеристику розмелювальних машин. Геометрична характеристика зерна визначає його щільність за формування шару й особливості переміщення під час транспортування. Крім цього, геометрична характеристика зерна визначає щільність укладання його шару (пористість) та особливості переміщення зерна під час транспортування. Об'єм і зовнішня поверхня відіграють важливу роль у процесах зволоження, нагрівання й охолодження зерна [6]. Завдяки сферичності характеризують особливості будови зернівки [1]. Ось чому дослідження геометричних характеристик зерна має не тільки теоретичне, а й практичне значення. Враховуючи те, що вказані властивості істотно змінюються залежно від погодних умов, технології вирощування й особливостей сорту, це вимагає їхнього ретельного вивчення. Крім того, геометричні характеристики зерна спельти достатньо не вивчені, що й визначає актуальність досліджень.

Метою статті є вивчення геометричних характеристик зерна спельти залежно від походження сорту.

Методика дослідження. Експериментальна частина дослідження проводилася в лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва впродовж 2013—2015 років. Для дослідження взято зерно сортів спельти, отриманих методом добору з місцевих сортів — Schwabekorn, NSS 6/01, Frankenkorn, Шведська 1, Австралійська 1 та сортозразки, отримані в результаті гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta* — LPP 3218, LPP 1305, LPP 3132, LPP 3124, LPP 1197, LPP 3435, LPP 1224 і LPP 3117, що вирощувалися в умовах Правобережного Лісостепу України. Контроль (стандарт) — зерно районованого в цій зоні сорту спельти Зоря України.

У зерні спельти визначали лінійні розміри за методикою описаною Г.А. Єгоровим [2]. Визначення форми зернівки проводили за лінійними розмірами [8].

Об'єм зернівки (V) та площу зовнішньої поверхні (F) обчислювали розрахунковим методом за формулами:

$$V = k \cdot a \cdot b \cdot l;$$

$$F = 1,12a^2 + 3,7b^2 + 0,88l^2 - 10,$$

де a — товщина зернівки; b — ширина зернівки; l — довжина зернівки; k — коефіцієнт форми зернівки (для пшениці 0,52).

Питому поверхню зернівки встановлювали за відношенням F/V . Об'єм повехневих шарів визначали за формулою:

$$V_1 = F \cdot G,$$

де G — товщина тканини (для зерна пшениці 0,065 мкм).

Сферичність зерна визначали за формулою:

$$\varphi = F_c / F,$$

де F_c — площа зовнішньої поверхні сфери, $F_c = 4\pi r^2$.

Математичну та статистичну обробку даних проводили методом дисперсійного аналізу, використовуючи сучасні комп'ютерні технології (ПК «Agrostat», MS Office Excel).

Основні результати досліджень. Зерно сортів, отриманих методом добору, сформовано з більшими лінійними розмірами (рис. 1—3). У середньому розміри становили: довжина — 7,7 мм, ширина — 2,5, товщина — 3,0 мм, тоді як зерно сортозразків, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, мало довжину — 6,9 мм, ширину — 2,5, товщину — 2,9 мм. Істотно більшою (в 1,3 раза) між групами сортів була довжина зерна.

У результаті проведених досліджень встановлено, що зернівки сортів, отриманих методом добору з місцевих форм, були на 0,6—1,0 мм довшими, за винятком сорту Австралійська 1, в якій цей показник становив 7,1 мм (рис. 1). Найдовшими були зернівки сортів Зоря України і NSS 6/01. У зерна решти сортів цієї групи довжина змінювалась від 7,1 мм до 8,1 мм

Із сортозразків, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, найдовшими (7,3 мм) були зернівки у лінії LPP 3218, найкоротшими — у лінії LPP 3132 (6,7 мм), LPP 1224 (6,8 мм) та LPP 1305 (6,9 мм). Довжина зернівок решти ліній — 7,0—7,1 мм.

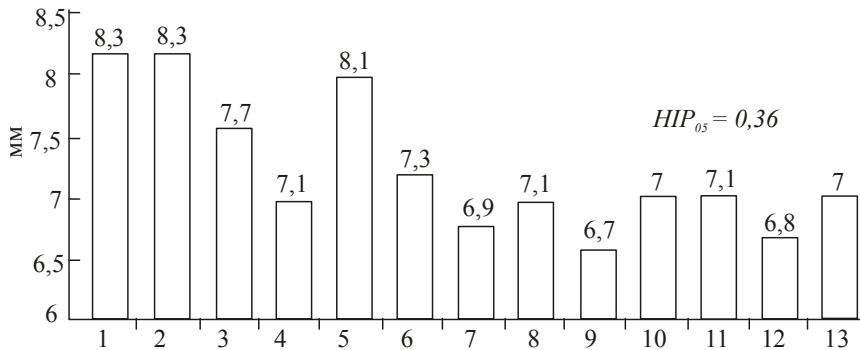


Рис. 1. Довжина зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013—2015 рр.:

- 1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabenkorn; 4 — Австралійська 1;
 5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218; 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132;
 10 — LPP 3124; 11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

У середньому за три роки досліджень ширина зернівки спельти змінювалась від 2,1 мм до 2,7 мм (рис. 2). Із сортів, отриманих методом добору, найбільшу ширину мало зерно сорту Зоря України (2,5 мм), а найменшу — Австралійська 1 (2,1 мм). Ширина зернівок решти сортів варіювала від 2,2 до 2,4 мм.

Проте найширші зернівки були у сортозразків, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*. Так, у зернівок лінії LPP 1197 цей показник становив 2,7 мм, що на 7,5 % більше порівняно із сортом Зоря України (стандарт). Зернівки ліній LPP 1305, LPP 3132, LPP 3124, LPP 3435 були на 4 % ширші за зернівки контролю (2,6 мм). Лише зернівки лінії LPP 3117 відрізнялись на 0,1 мм за шириною зернівок стандарту.

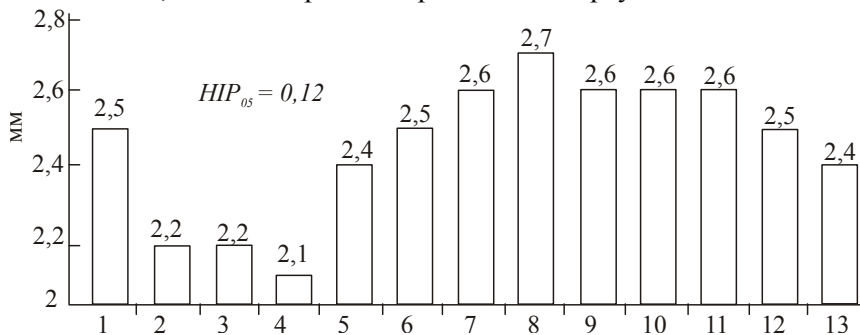


Рис. 2. Ширина зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013-2015 рр.:

1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabekorn; 4 — Австралійська 1;
5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218; 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132;
10 — LPP 3124; 11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

Найбільша товщина зернівок серед сортів, отриманих методом добору, у сорту Зоря України — 3,0 мм (рис. 3), а у зерна сортів NSS 6/01, Австралійська 1, Schwabekorn — 2,7—2,9 мм. Найменшим цей показник був у зерна сорту Frankenkorn — 2,6 мм.

У сортозразків, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, товщина зерна коливалась в межах 2,7—3,0 мм.

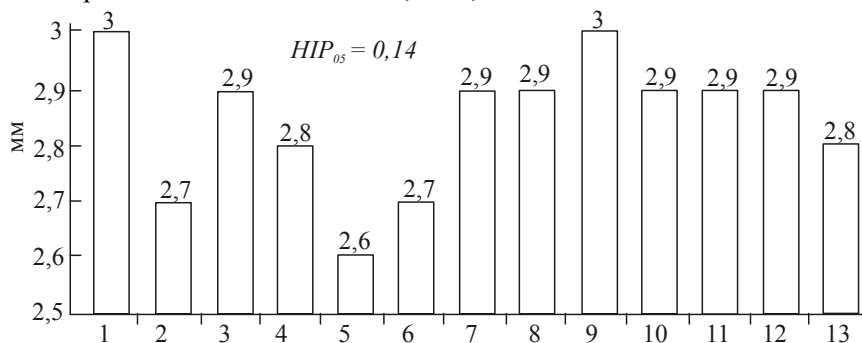


Рис. 3. Товщина зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013-2015 рр.:

1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabekorn; 4 — Австралійська 1;
5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218; 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132; 10 — LPP 3124;
11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

За даними лінійних розмірів було визначено форму зернівки. Цей показник надзвичайно важливий при сепаруванні зерна.

Серед сортів, отриманих методом добору дуже видовжену форму мало зерно сортів NSS 6/01 та Frankenkorn ($3a \leq l \leq 3b$), в решти — форма була видовжена ($2b < l < 3b$). У всіх сортів, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, форма зернівки була видовженою ($2a < l < 3a$).

Об'єм зернівки має значення для величини і розрахунку шпаруватості зернової маси, величини об'ємної маси, визначення режиму очищення і переробки зерна, величини виходу готової продукції. За даними джерел літератури цей показник для зерна пшениці може становити 11—56 мм³ [5].

Об'єм зернівки сортів спельти варіюється від 21,7 до 32,4 мм³ (рис. 4). Найбільшим, серед сортів отриманих методом добору цей показник був у зернівки сорту Зоря України (32,4 мм³), а найменшим — Австралійська (21,7 мм³).

Із зерна сортозразків, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, найвищий об'єм зернівки мала лінія LPP 1197 — 28,9 мм³, що на 12 % менше порівняно з контролем. Найменшим цей показник був у зернівок лінії LPP 3117 (24,5 мм³). Об'єм зернівок решти ліній змінювався від 25,6 до 27,5 мм³, проте він був на 4,9—6,8 мм³ меншим за зернівки сорту Зоря України ($HIP_{05}=1,32$).

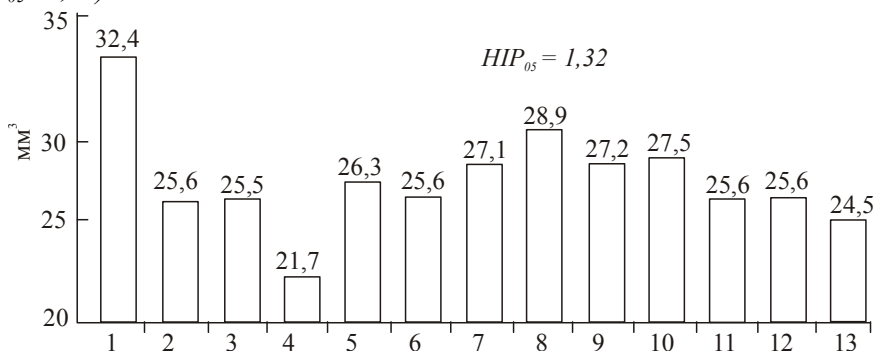


Рис. 4. Об'єм зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013—2015 рр.:

- 1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabenkorn; 4 — Австралійська 1;
5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218; 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132;
10 — LPP 3124; 11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

За даними досліджень В.М. Швайко [11], площа зовнішньої поверхні зерна становить у пшениці — 65,03 мм², вівса — 77,08, ячменю — 99,81 мм².

За результатами наших досліджень встановлено, що площа зовнішньої поверхні зернівки спельти близька до зерна зернових культур. Так, найбільшим цей показник був у зернівки сорту Зоря України (стандарт) — 91,5 мм², найменшим у сорту Австралійська 1 — 68,8 мм² (рис. 5). У зерна решти сортів спельти, отриманих методом добору, цей показник змінювався від 79,2 до 83,5 мм², що на 10—16 % менше порівняно із зернівками сорту Зоря України.

Серед зерна сортів *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, отриманих методом гібридизації, жоден за площею зовнішньої поверхні не перевищував стандарт і був на 22—25 % меншим за нього. Найбільшу площу зовнішньої поверхні мали

зернівки лінії LPP 1197 (74,2 мм²), а найменшу — LPP 3435, LPP 1224, LPP 3117, що, відповідно, складала 69,3, 69,3 і 69,1 мм². У зерна решти сортів показник змінювався від 70,9 до 72,3 мм².

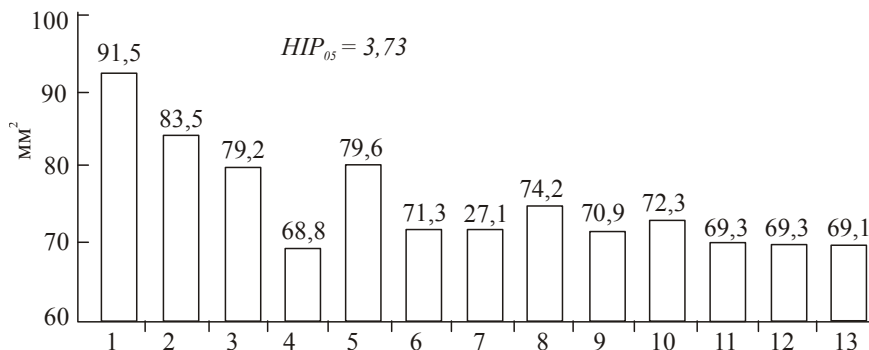


Рис. 5. Площа зовнішньої поверхні зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013—2015 рр.:

1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabenkorn; 4 — Австралійська 1; 5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218; 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132; 10 — LPP 3124; 11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

Результатами досліджень встановлено, що серед сортів, отриманих методом добору, найменшу питому поверхню мали зернівки спельти сорту Зоря України — 2,8 (рис. 6). У зернівок решти сортів цей показник перевищував стандарт на 0,2—0,4 пункта або на 7—14 %. Серед сортозразків, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, лише зернівки ліній LPP 3218, LPP 3117 мали питому поверхню на рівні стандарту 2,8. У решти ліній цей показник змінювався від 2,6 до 2,7.

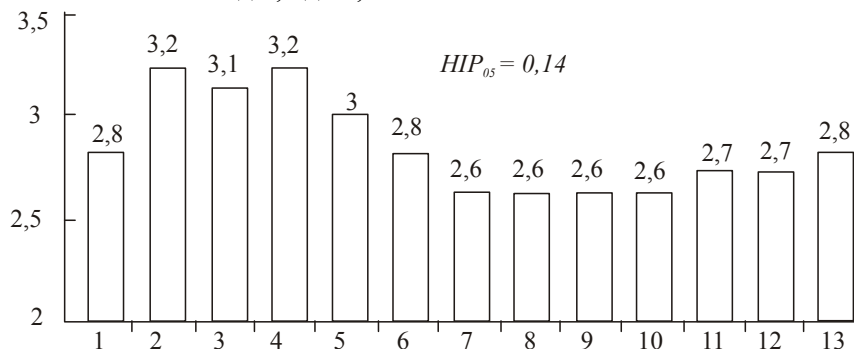


Рис. 6. Питому поверхню зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013—2015 рр.:

1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabenkorn; 4 — Австралійська 1; 5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218; 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132; 10 — LPP 3124; 11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

Об'єм поверхневих шарів зернівки спельти за три роки досліджень змінювався в межах 4,5 до 5,9 мм³ (рис. 7). Серед сортів, отриманих методом добору, найвищий показник у зернівок сорту Зоря України (5,9 мм³), а найменший — у сорту Австралійська 1 (4,5 мм³), що на 24 % менше.

Зернівки сортів, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, мали в 1,2 раза менший об'єм поверхневих шарів зернівки порівняно із зернівками сорту Зоря України. Проте з цієї групи форм найбільший об'єм поверхневих шарів мали зернівки лінії LPP 1197 (4,8 мм³), а найменший (4,5 мм³) лінії LPP 3435, LPP 1224 та LPP 3117.

Найбільш цінними для переробки є сорти Австралійська 1, лінії LPP 3218, LPP 1305, LPP 3132, LPP 1224, LPP 3117, оскільки їхнє зерно має низький об'єм поверхневих шарів і, відповідно, містить більшу частку ендосперму.

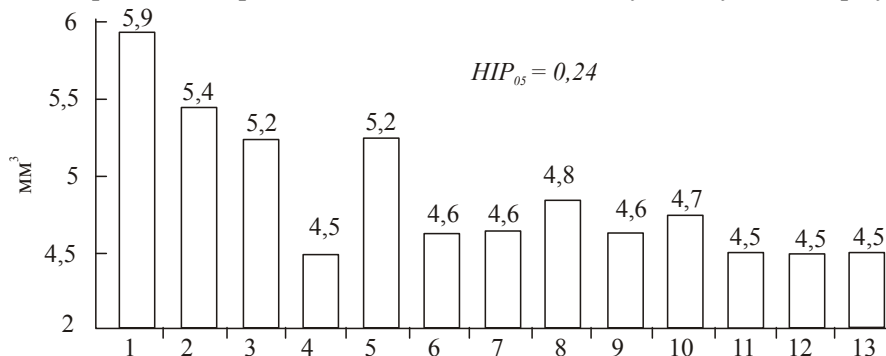


Рис. 7. Об'єм поверхневих шарів зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013—2015 рр.:

- 1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabenkorn; 4 — Австралійська 1; 5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218, 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132; 10 — LPP 3124; 11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

Сферичність — величина, якою зручно характеризувати особливості будови зернівки [1]. Згідно з даними, для зерна пшениці характерна сферичність 0,82—0,85, жита — 0,45—0,75, ячменю — 0,76—0,83, вівса — 0,64—0,77.

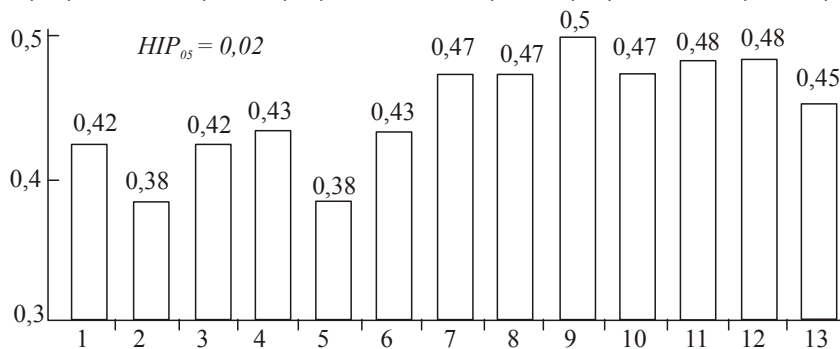


Рис. 8. Сферичність зернівки спельти різних сортів і сортозразків, 2013—2015 рр.:

- 1 — Зоря України (стандарт); 2 — NSS 6/01; 3 — Schwabenkorn; 4 — Австралійська 1; 5 — Frankenkorn; 6 — LPP 3218; 7 — LPP 1305; 8 — LPP 1197; 9 — LPP 3132; 10 — LPP 3124; 11 — LPP 3435; 12 — LPP 1224; 13 — LPP 3117

Нами встановлено, що сферичність зернівки спельти коливається в межах 0,38—0,50 (рис. 8). Найбільшим цей показник був у зернівок сорту Австралійська 1 і становив 0,43, а найменшим — сортів NSS 6/01 та Frankenkorn — 0,38.

Зернівки всіх сортозразків, отриманих методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*, на 2—19 % перевищували стандарт, в якого цей показник — 0,42.

Висновки

Отже, об'єм зернівки, площа зовнішньої поверхні, об'єм поверхневих шарів і площа зовнішньої поверхні істотно змінюється залежно від лінійних розмірів зернівки та сорту. У сортів, отриманих методом добору, довжина зернівки в 1,3 раза більша, порівняно із сортозразками, отриманими методом гібридизації *Tr. aestivum* / *Tr. spelta*.

Встановлено, що залежно від походження спелти відбуваються суттєві зміни у об'ємі зернівки від 21,7 мм³ до 32,4 мм³, площі зовнішньої поверхні — від 68,8 до 91,5 мм², питомій поверхні — від 2,5 до 3,2, об'ємі поверхневих шарів зернівки — від 4,5 до 5,9 мм³, сферичності — від 0,38 до 0,5. Збільшення лінійних розмірів зерна зумовлює збільшення площі зовнішньої поверхні, об'єму поверхневих шарів та об'єму зернівки.

Найбільш цінним для переробки є зерно сорту Австралійська 1, лінії LPP 3218, LPP 1305, LPP 3132, LPP 1224, LPP 3117 завдяки меншому вмісту поверхневих шарів.

Література

1. Егоров Г.А. Технология муки и крупы / Г.А. Егоров, Т.П. Петренко. — М.: Издательский комплекс МГУПП, 1999. — 336 с.
2. Егоров Г.А. Технологические свойства зерна / Г.А. Егоров — М.: Агропромиздат, 1985. — 334 с.
3. Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна / Г.А. Егоров — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2000. — 348 с.
4. Кирпа М.Я. Особливості сепарування зерна кукурудзи / М.Я. Кирпа, С.О. Скотар // Бюлетень Інституту зернового господарства / УААН. — Дніпропетровськ, 2007. — № 30. — С. 127—132.
5. Курдюмов В.И. Тепловая обработка зерна в установках контактного типа: монография / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сатягин. — Ульяновск: УГСХА имени П.А. Столыпина, 2013. — 290 с.
6. Осокіна Н.М. Порівняльна оцінка круп'яних властивостей зерна озимої пшениці та ярих тритикале і ячменю / Н.М. Осокіна, К.В. Костецька, О.П. Герасимчук // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. — 2012. — Вип. 77 — С. 127—133.
7. Осокіна Н.М. Технологічні властивості зерна кукурудзи сорту ДКС 4685x1390 / Н.М. Осокіна, К.В. Костецька // Вісник Уманського національного університету садівництва. — 2013. — Вип. 1—2. — С. 96—101.
8. Пат. 76472 Україна, МПК⁵¹ А01Н 1/04 Люмінесцентний матеріал / Усик Л.О, Орлюк А.П.; заявник і власник Інститут зрошуваного землеробства НААН. — № u 2021205989; заявл. 17.05.12; опубл. 10.01.13, Бюл. № 1.
9. Пилипюк В.П. Технология хранения зерна и семян / В.П. Пилипюк. — Саратов, 2008. — 457 с.
10. Цизь К.С. Дослідження фізико-механічних властивостей насіння сої / К.С. Цизь, Р.В. Кірчук, А.В. Ришко // Сільськогосподарські машини. — 2014. — Вип. 27. — С. 130—138.
11. Швайко В.М. Дослідження механічних властивостей зернових матеріалів / В.М. Швайко, В.О. Соломка, О.В. Соломка // Збірник наукових статей: Сільськогосподарські машини. — 2013. — Вип. 2. — С. 51—58.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕРНА СПЕЛЬТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА

Н.М. Осокина, В.В. Любич, В.В. Возиян

Уманский национальный университет садоводства

В статье исследована геометрическая характеристика зерна спельты в зависимости от сорта. Установлено, что объем зерновки, площадь внешней поверхности, объем поверхностных слоев и площадь внешней поверхности существенно меняются в зависимости от линейных размеров зерновки и сорта. Увеличение геометрических размеров зерновки вызывает рост площади внешней поверхности, объема поверхностных слоев зерновки и объема зерновки. Наиболее ценными для переработки являются сорта Австралийская 1, линии LPP 3218, LPP 1305, LPP 3132, LPP 1224, LPP 3117, поскольку их зерно имеет низкий объем поверхностных слоев и, соответственно, содержит большую долю эндосперма.

Ключевые слова: *спельта, зерновка, длина, ширина, толщина.*

STABILIZATION OF PARAMETERS OF MINCED MEAT FOR SAUSAGES USING BLEND THAT CONTAINS PROTEIN

I. Strashynskiy, V. Pasichnyi, O. Fursik

National University of Food Technologies

Key words:

*Functional food blend
System for minced meat
production
Mechanically deboned
poultry
Functional technological
and structural
mechanical properties*

Article history:

Received 04.11.2015

Received in revised form

16.11.2015

Accepted 13.12.2015

Corresponding author:

N. Sharkova

E-mail:

sim2407@i.ua

ABSTRACT

Stabilization of quality and reduction of cost of finished products are the pressing problems for the meat industry in the current economic environment. Protein preparations and polysaccharide stabilizers were used to solve the problem by introducing them as blends having the desired properties. The expediency of replacing raw meat by functional food blend that contains protein consisting of meat systems is demonstrated in this paper based on published data. The improvements in functional technological and structural mechanical properties of minced meat for cooked sausages on the basis of functional food blend and mechanically deboned poultry are proved. The rational level of replacement of the main raw material is established, which is typical for recipe 4.

СТАБІЛІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ФАРШІВ ВАРЕНИХ КОВБАС З ВИКОРИСТАННЯМ БІЛОКВІСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ

І.М. Страшинський, В.М. Пасічний, О.П. Фурсік

Національний університет харчових технологій

Стабілізація якості та здешевлення готової продукції в сучасних економічних умовах є важливою проблемою для м'ясної промисловості. Для її вирішення використовуються білкові препарати та структуроутворювачі полісахаридної природи шляхом їх внесення у вигляді композицій із заданими властивостями. У статті на основі літературних даних обґрунтована доцільність заміни м'ясної сировини білоквісною функціональною харчовою композицією у складі м'ясних систем. Доведено покращення функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей дослідних фаршів варених ковбас на основі використання функціональної харчової композиції та м'яса птиці механічного обвалювання. Встановлено раціональний рівень заміни основної сировини, який характерний для рецептури № 4.

Ключові слова: функціональна харчова композиція, м'ясні фаршеві системи, м'ясо птиці механічного обвалювання, функціонально-технологічні та структурно-механічні властивості.

Постановка проблеми. Здешевлення готової продукції є нагальною проблемою в сучасних економічних умовах. Одним із шляхів її вирішення є використання високожирної м'ясної сировини, м'яса механічного обвалювання і дообвалювання та м'яса птиці. Поряд з цим перед м'ясною промисловістю стоїть завдання поліпшення і стабілізації якості продукції в умовах нестабільних властивостей сировини, що все частіше надходить на виробництво. Для вирішення цих завдань використовують структуроутворювачі полісахаридної природи [1].

Останнім часом в м'ясній промисловості спостерігається тенденція до створення і виробництва продуктів, в яких м'ясу сировину комбінують з білками рослинного і тваринного походження. Найчастіше використовують соєві білкові препарати [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [3] обґрунтовано доцільність використання хітозану і сукцинату хітозану в ковбасному виробництві для направленої регулювання функціонально-технологічних (ФТВ) і структурно-механічних властивостей (СМВ) білоквмісних систем.

Експериментальні дані свідчать про значне підвищення окремих ФТВ м'ясних систем при внесенні розчинів хітозану та сукцинату хітозану. Показник стійкості емульсії (СЕ) у контрольному зразку (м'ясна сировина) становить 6,8 %, а при внесенні продукту переробки хітозану максимальне значення досягало — 63 %; показник граничного напруження зсуву знаходиться в межах від 410 Па до 890 Па [4]. Виявлені зміни функціональних властивостей модельних фаршів обумовлені гелеутворюючими і емульгуючими властивостями як міофібрилярних білків м'яса, так і продуктів переробки хітозану.

У [5] визначено раціональне співвідношення основних функціональних інгредієнтів агару-желатину-крохмалю на рівні 3:4:5. Встановлено, що дана суміш після проведення температурної модифікації позитивно впливає на модельні фарші варених ковбас, підвищуючи показники граничного напруження зсуву до 723 Па та penetрацію до 6 мм.

На основі вищенаведених результатів розроблено рецептури варених ковбас [6], які у своєму складі поєднують соєвий концентрат і суміш гідроколідів (хітозан, сукцинат хітозану, карбоксиметилцелюлоза, агар, желатин, крохмаль), молочну сироватку. Використання даної суміші дозволило підвищити вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) на 6 %, показник рН не змінився, вміст води зменшився (на 1,8 %). Крім цього, відзначено позитивний вплив суміші на СМВ фаршів, що пояснюється високими гелеутворюючими й емульгуючими властивостями підібраних компонентів.

У [7] вивчено вплив білкової добавки (суміш білків колагену, сироватки та гідроколідів), гідратованої електроактивованою лужною водою, на комплекс СМВ і ФТВ модельних фаршів. Доведено, що при заміні 20 % яловичини вміст води збільшується на 3,9 %, ВЗЗ у фаршах зменшується в середньому на 10 %, але після термооброблення даний показник підвищується на 7 %.

Дослідження заміни у складі варених ковбас свинини напівжирної аналогічною кількістю білково-вуглеводно-жировою емульсією або яловичини білково-

полісахаридним гелем показало [8] збільшення вмісту вологи на 6,6 % та на 7,2 % відповідно. Максимального значення показники ВЗЗ та граничного напруження зсуву в м'ясних фаршах досягали при 15-відсотковій заміні і збільшувались на 4,5 % та на 41,1 % відповідно порівняно з контрольним зразком.

Визначення раціональної заміни м'ясної сировини гідратованою функціональною харчовою композицією (ФХК) показало, що її внесення в кількості 30 % сприяє покращенню властивостей дослідних фаршів порівняно з контрольним зразком (ВЗЗ збільшується на 4,8 %, СЕ — на 22,5 %, емульгуюча здатність (ЕЗ) — на 3,6 %).

Вивчення впливу на властивості м'ясних фаршевих систем як окремих добавок, так і їх композицій підтверджує доцільність використання останніх. У складі композицій правильний вибір окремих харчових добавок і їх раціональне поєднання обумовлює ефект синергізму, що дозволяє зберегти і покращити ФТВ та СМВ фаршевих систем.

Метою дослідження є вивчення впливу розробленої білоквмісної композиції на фарші варених ковбас з використанням МПМО.

Матеріали і методи. Для вирішення поставлених завдань у технології варених ковбас використали МПМО та гідратовану білоквмісну ФХК (ступінь гідратації 1:20), яка включає білкові препарати рослинного (соєвий ізолят «Pro Vo 500 U») і тваринного (білок свинячої дерми — «Белкотон С95», суха молочна сироватка) походження, ксантанову і гуарову камідь, а також карбоксиметилцелюлозу.

До рецептури контрольного зразка варених ковбас входить: яловичина другого сорту, свинина напівжирна, м'ясо птиці (червоне куряче м'ясо), шпик (грудний), борошно, меланж, сіль і спеції. На її основі розробили рецептури дослідних зразків варених ковбас, в яких провели заміну м'ясної сировини відповідною кількістю гідратованої ФХК (15, 30 %). Гідратацію проводили водою ($t=8-12$ °С) і вносили на стадії кутерування з необхідною кількістю кухонної солі. Для підвищення економічної ефективності виробництва до складу рецептур внесли 20 і 30 % м'яса птиці механічного обвалювання замість курячого м'яса, що обумовлюється меншою собівартістю даного виду сировини і наявністю значної пропозиції на ринку. Рецептурний склад контрольного та дослідних зразків варених ковбас наведений у таблиці.

Виготовлення зразків проводили згідно з технологією приготування фаршу варених ковбас з додаванням гідратованої ФХК та 20 % вологи на основну сировину.

У модельних зразках варених ковбас провели визначення вмісту вологи й комплексу функціонально-технологічних та структурно-механічних властивостей згідно зі стандартними методиками [9, 10].

Таблиця. Рецептури варених ковбас

Складові компоненти	Контрольний зразок	Рецептура № 1	Рецептура № 2	Рецептура № 3	Рецептура № 4
1	2	3	4	5	6
Яловичина другого сорту	20	20	20	10	15

1	2	3	4	5	6
Свинина напівжирна	20	20	15	10	10
Червоне куряче м'ясо	44	14	14	14	14
Шпик	10	10	10	-	-
МПМО	-	20	20	30	30
Борошно	1	1	1	1	1
Меланж	5	-	5	5	-
ФХК	-	15	15	30	30
Всього	100	100	100	100	100
<i>Допоміжна сировина г на 100 кг</i>					
Сіль	2000	2000	2000	2000	2000
Цукор	150	150	150	150	150
Перець чорний	100	100	100	100	100
Перець духмяний	50	50	50	50	50
Часник сушений	50	50	50	50	50
Ферментований рис	-	150	150	150	150
Фосфат	300	300	300	300	300
Нітрит натрію	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

Викладення основного матеріалу. Вміст вологи у контрольному зразку складає $64,2 \pm 2,3$ %, у рецептурі № 1 даний показник підвищується на 3,3 %, для рецептури № 2 — на 4,4 %, у рецептурі № 3 — на 15,7 %, у рецептурі № 4 — на 15,0 % порівняно з контрольним зразком. Отримані дані обумовлені кількісним співвідношенням компонентів рецептур.

Функціонально-технологічні властивості м'ясних продуктів — це сукупність показників, які характеризують рівень емульгуючої, вологозв'язуючої, жири- та вологоутримуючої здатності, що обумовлюють структурно-механічні властивості (пластичність, в'язкість, граничне напруження зсуву, адгезію тощо), органолептичні властивості (колір, запах, смак) і вихід готового продукту.

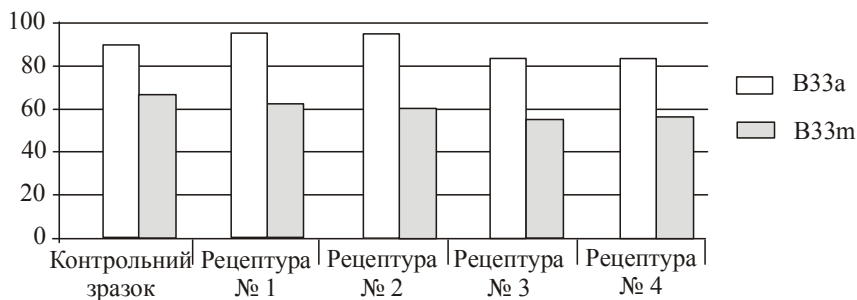


Рис. 1. Зміна показника вологозв'язуючої здатності м'ясного фаршу залежно від рецептур

Основною характеристикою м'ясного фаршу є його В33. Для забезпечення високої якості готового продукту даний показник у фаршах варених ковбас рекомендований на рівні 85 %. З метою встановлення відповідності цьому рівню провели дослідження значень В33_a (вміст зв'язаної вологи, у % до зага-

льної вологи) та V_{33m} (вміст зв'язаної вологи, у % до маси наважки) отриманих фаршів, що наведені на рис. 1.

Показник V_{33} у зразках № 1 і № 2 порівняно з контрольним зразком підвищився на 5,3 %, що обумовлено незначним внесенням МПМО, а також заміною м'ясної сировини на ФХК, яка не поступається їй за функціональними властивостями. Внесення білкових препаратів поряд із білками м'язової тканини забезпечує утворення гомогенної системи, яка складається із сітки білкових молекул, що утримують вологу. Для рецептур № 3 і № 4 даний показник зменшився на 6,6 % порівняно з контрольним зразком та на 12,7 % порівняно із рецептурами № 1 і № 2 (рис. 1). Це обумовлено збільшенням заміни м'яса МПМО, оскільки сировина має нижчі ФТВ порівняно з м'ясом ручного обвалювання та ФХК. Отримані дані свідчать про стабілізацію показників дослідних фаршів, оскільки V_{33} для жодної з рецептур не знаходиться нижче за встановлений рівень (85 %). Це обумовлюється властивістю білків до зв'язування вологи, що пояснюється здатністю полярних груп білкових молекул до взаємодії з її диполями.

На показники V_{33} для фаршів впливає активна кислотність, адже при наближенні значення рН до ізоелектричної точки ФТВ білків знижуються. Даний показник для контрольного зразка складає $5,65 \pm 0,15$; рецептури № 1 — $6,2 \pm 0,22$; рецептури № 2 — $5,8 \pm 0,19$; рецептури № 3 — $6,3 \pm 0,23$; рецептури № 4 — $6,1 \pm 0,22$ та відповідає отриманим даним V_{33} .

Для отримання готових виробів високої якості із багатокомпонентних полідисперсних м'ясних систем вагомими є такі ФТВ як емульгуюча здатність і стабільність емульсії. Отримані результати досліджень даних показників графічно зображені на рис. 2 і 3.

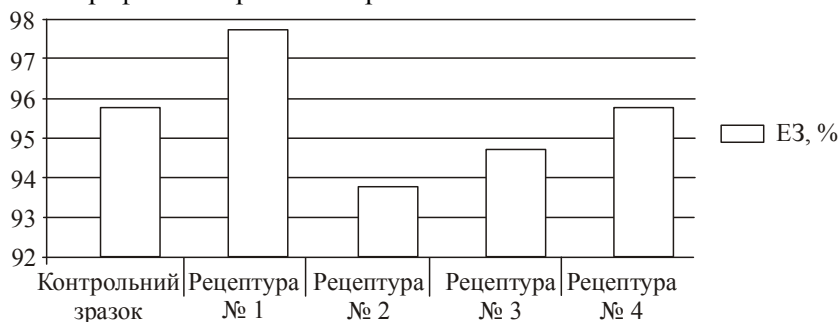


Рис. 2. Зміна емульгуючої здатності м'ясних фаршів

Проведені дослідження свідчать, що фарші не тільки активно зв'язують вологу, а й мають властивості емульгаторів і утримують жир у складі утвореної емульсії. Це дозволяє, поряд із зміцненням білкової матриці, забезпечити введення жиру в її структуру й отримати стійку емульсію жиру у воді. Показник ЕЗ у рецептурі № 1 порівняно з контрольним зразком збільшився, у рецептурах № 2 та № 3 спостерігається погіршення даного показника, у рецептурі № 4 показник ЕЗ заходить на рівні контрольного зразка (рис. 2). Це пояснюється складом фаршевих систем: в рецептурі № 1 внесли ФХК, яка, незважаючи на вміст МПМО, сприяла покращенню ЕЗ системи, у рецептурі

№ 2 зменшили кількість м'яса свинини, що сприяло зменшенню ЕЗ, оскільки вміст білка став нижчим. У рецептурі № 3 показник ЕЗ дещо підвищився, адже збільшилась кількість ФХК, що володіє високими ФТВ. У дослідному зразку № 4 збільшення показника обумовлено внесенням більшої кількості яловичини другого сорту, що має у своєму складі фібрилярні білки.

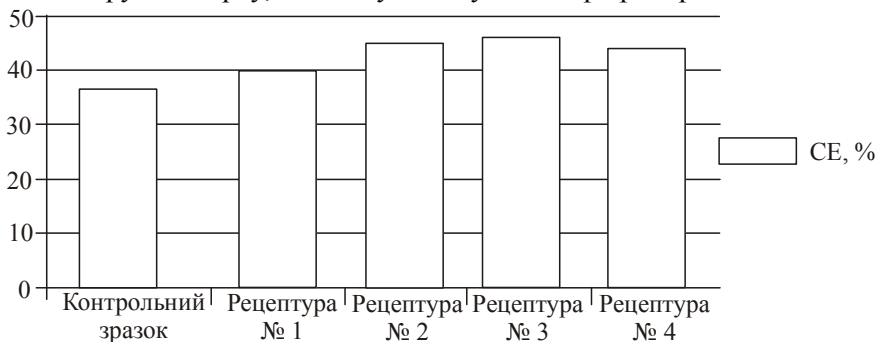


Рис. 3. Зміна стійкості емульсії м'ясних фаршів

Отримання емульсії розглядають як сукупність трьох процесів: диспергування рідини, коалесценція й утворення захисних шарів унаслідок адсорбційного процесу, що в основному визначає властивості кінцевих емульсій. При цьому білок відіграє важливу структурну роль в їх отриманні. Це пояснюється наявністю гідрофільних і ліпофільних груп у структурі білкових препаратів тваринного й рослинного походження, завдяки наявності яких знижується поверхневий натяг на поверхні розподілу фаз жир-вода. Полярні групи білків орієнтуються до води, а неполярні — до жиру, в результаті чого утворюються міжфазні адсорбційні шари. Фібрилярні білки характеризуються кращими емульгуючими властивостями порівняно з глобулярними. Це пояснює підвищення ЕЗ у дослідних рецептурах варених ковбас. Показники стійкості емульсії у досліджених зразках збільшуються у рецептурі № 1 на 10,5 %, у рецептурі № 2 — на 22,5 %, у рецептурі № 3 — на 23,75 %, у рецептурі № 4 — 25 % порівняно з контрольним зразком (рис. 3).

Ефективними стабілізаторами є речовини, що здатні утворювати в'язкі системи, які ускладнюють рух жирових кульок або крапель і перешкоджають злиттю жирових глобул (гідроколоїди у складі ФХК). Вони стабілізують адсорбційний шар гелеподібної структури, який утворюється на зовнішній поверхні краплин жиру і направлений до дисперсійного середовища та перешкоджає агрегуванню жирових кульок і коалесценції жиру. Стабілізація при цьому обумовлена однією з двох причин: за час зіткнення поверхневий шар не встигає стати тоншим через високу в'язкість, дія сили при зіткненні не перевищує граничного статичного напруження зсуву, необхідного для руйнування даного шару. Також дані речовини є термостабільними і не втрачають своїх властивостей при нагріванні. Білки, за рахунок здатності утворювати міцний каркас унаслідок денатурації та зчеплення при нагріванні, утримують у своєму складі емульговані краплі жиру.

Утворення структур, текучість і поведінка харчових мас у різних технологічних процесах, якість і товарний вигляд продуктів харчування визначаються

структурно-механічними властивостями, тому наступним етапом дослідження є визначення ефективної в'язкості та граничного напруження зсуву для розроблених рецептур, які графічно зображені на рис. 4 та 5.

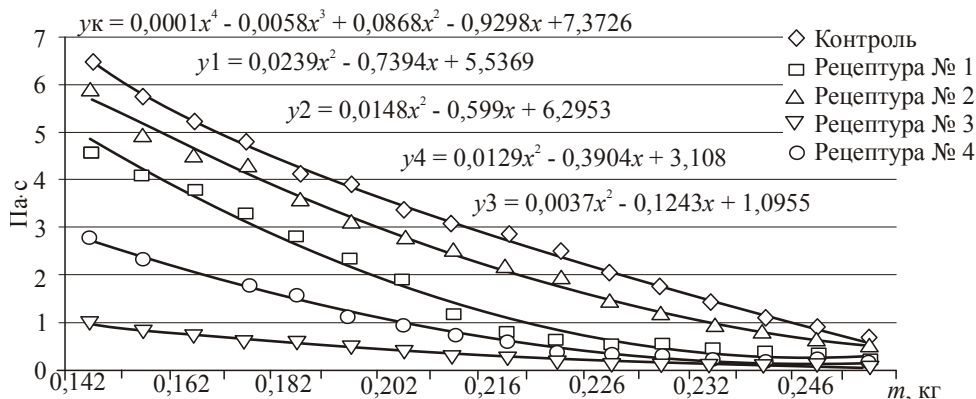


Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості від рецептурного складу варених ковбас

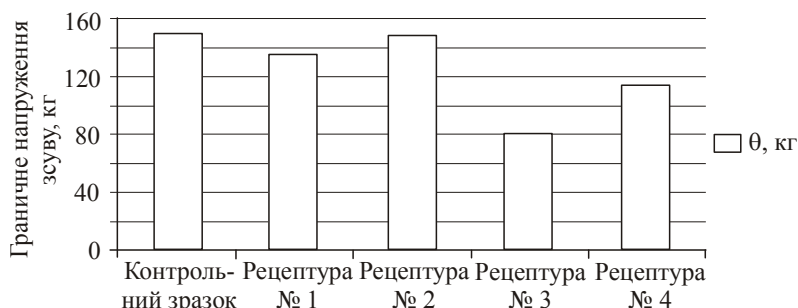


Рис. 5. Дослідження граничного напруження зсуву у фаршах варених ковбас

Ковбасний фарш відноситься до систем неклітинної будови та являє собою систему з коагуляційною структурою. При цьому сили зчеплення виникають між поверхнями частинок в окремих точках, які мають найбільшу поверхневу енергію. Частинки в таких системах зв'язуються між собою молекулярними силами зчеплення й утворюють неперервну сітку. Дані системи володіють незначною міцністю між частинками і здатністю відновлювати її після зняття сили. Під дією сили вони проявляють властивості в'язко-пластичних тіл. На цьому базується визначення ефективної в'язкості й обґрунтування впливу ФХК та МПМО на фаршеві системи.

Із рис. 4 видно, що найкращою в'язкістю володіє контрольний зразок, для рецептури № 1 цей показник зменшився на 23 %, для рецептури № 2 — на 7,7 %, для рецептури № 3 — на 41,5 %, для рецептури № 4 — на 26,1 %. Зниження ефективної в'язкості модельних фаршів пояснюється заміною м'ясної сировини, яка має жорстку структуру, МПМО мазеподібної консистенції та наявністю ФХК з високим ступенем гідратації. При навантаженні, нижчому за граничне напруження зсуву, дані системи здатні до деформації та повільної текучості з великою в'язкістю. При напруженні, вищому за

граничне, починається руйнування тіла в потоці, що супроводжується значним падінням в'язкості. Так, для контрольного зразка цей показник найвищий, у рецептурі № 2 цей показник майже ідентичний, у рецептурі № 1 менше на 9,1 % порівняно з контрольним зразком, у рецептурі № 3 — на 45,6 %, у рецептурі № 4 — на 23,5 % (рис. 5). Отримані результати обумовлені рецептурним співвідношенням компонентів у дослідних зразках.

Висновки

Виходячи з проведених вище досліджень, можна стверджувати, що заміна м'ясної сировини білоквмісною ФХК та МПМО підвищує СЕ в середньому на 21 %, ефективна в'язкість і граничне напруження зсуву зменшуються в середньому на 24,5 % та на 20 % відповідно. Це обумовлено здатністю підібраних компонентів зв'язувати вологу і жир, формувати просторову структуру, в якій вони утримуються, та частково пластифікувати фарш, що відображається на СМВ.

Аналіз наведених результатів свідчить, що серед розроблених і досліджених фаршевих систем найбільш раціональним є зразок № 4, оскільки, незважаючи на високий рівень заміни м'ясної сировини білоквмісною ФХК та МПМО, обране співвідношення компонентів дозволяє вирішити проблему стабілізації якості і здешевлення готової продукції в умовах зниженої купівельної спроможності населення.

Для підтвердження доцільності заміни м'ясної сировини розробленою композицією та м'ясом птиці механічного обвалювання в ході подальших досліджень планується визначити комплекс показників якості готових ковбасних виробів і провести вивчення амінокислотного складу й біологічної цінності з подальшим удосконаленням рецептур варених ковбас для збалансування вмісту незамінних амінокислот.

Література

1. *Williams P.A.* Introduction to food hydrocolloids [Text] / P.A. Williams, G.O. Phillips // Handbook of hydrocolloids. Second edition. — Woodhead Publishing Limited. — 2009. — P. 12.
2. *Luyten H.* Using proteins as additives in foods: an introduction [Text] / H. Luyten, J. Vereijken and M. Buecking // Wageningen UR. Woodhead Publishing Limited Cambridge England. — 2004. — P. 15.
3. *Садовой В.В.* Функционально-технологические свойства хитина и хитозана [Текст] / В.В. Садовой, Е.А. Куркина // Пища, экология, качество / Труды IV Международной НПК. — Новосибирск, 2004. — С. 272—277.
4. *Бучахчан Ж.В.* Научное обоснование использования хитозана при производстве мясopодуктов [Текст] / Ж.В. Бучахчан, Е.А. Шепило // Студенческая наука — экономике России / Тез. докл. 5-ой Межрегион. научной конф. Том 1. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. — С. 178—179.
5. *Куркина Е.А.* Разработка композиционных добавок для мясных изделий [Текст] / Е.А. Куркина, В.В. Садовой // Сб. научных трудов. Серия «Продовольствие» Выпуск 1. — Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. — С. 99—102.
6. *Щепило Е.А.* Разработка технологии вареных колбасных изделий с использованием гидроколлоидов с модифицированными функциональными свойствами / Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. 05.18.04. Технологии мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств. — Ставрополь, 2005. — 25 с.

7. Чичко А.А. Разработка технологий вареных колбас с использованием активированных белоксодержащих систем / Автореферат на соиск. ученой степени канд. техн. наук. 05.18.04. Технологии мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств. — Ставрополь, 2005. — 25 с.

8. Токаев Э.С. Технологические свойства мясных эмульгированных фаршей с использованием структурированных дисперсных систем на основе БР-95 и гуммиарабика / Э.С. Токаев, С.Б. Юдина, О.Ю. Соломахина // Мясная индустрия — 2007. — № 10. — С. 32—35.

9. Антипова Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. — М.: Колос, 2001. — 576 с.

10. Журавская Н.К., Гутник Б.Е., Журавская Н.А. Технохимический контроль производства мяса и мясopодуктов. — М.: Колос, 2001. — 476 с.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФАРША ВАРЕННЫХ КОЛБАС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ

И.М. Страшинский, В.Н. Пасичный, О.П. Фурсик

Национальный университет пищевых технологий

Стабилизация качества и удешевление готовой продукции в современных экономических условиях является существенной проблемой для мясной промышленности. Для ее решения используются белковые препараты и структурообразователи полисахаридной природы путем их внесения в виде композиций с заданными свойствами. В статье на основе литературных данных обоснована целесообразность замены мясного сырья белоксодержащей функциональной пищевой композицией в составе мясных систем. Доказано улучшение функционально-технологических и структурно-механических свойств исследованных фаршей вареных колбас с использованием функциональной пищевой композиции и мяса птицы механической обвалки. Установлено рациональный уровень замены основного сырья, который характерен для рецептуры № 4.

Ключевые слова: функциональная пищевая композиция, мясные фаршевые системы, мясо птицы механической обвалки, функционально-технологические и структурно-механические свойства.

PRODUCTION TECHNOLOGY OF TINCTURES

N. Popova, A. Rybachok, Y. Pryshchepa, N. Lapina

National University of Food Technologies

Key words:

*Extraction
Concentration
Process flow scheme
Apparatus technological
scheme
Technology bitters*

Article history:

Received 12.11.2015
Received in revised form
10.12.2015
Accepted 21.12.2015

Corresponding author:

N. Popova
E-mail:
npnft@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the production technology of tinctures based on water concentrates. This technology will provide an intensive extraction of bioactive substances from aromatic raw materials, improve the biological value, reduce the process duration, the cost of alcohol and recycling process of extraction cake without additional evaporation of alcohol and provide the output of high-quality beverage. The process flow scheme of production of tinctures is presented. The justification of technological solutions and apparatus technological scheme of tinctures and principles of its action are proposed.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ГІРКОЇ НАСТОЯНКИ

Н.В. Попова, А.В. Рибачок, Ю.Ю. Прищепка, Н.В. Лапіна

Національний університет харчових технологій

У статті наведено розроблену технологію виробництва гіркої настоянки на основі водних концентратів, яка забезпечить поглиблене вилучення біологічно-активних речовин із пряно-ароматичної сировини, підвищення біологічної цінності, скорочення тривалості процесу, зменшення витрат спирту та перероблення шроту без додаткового випарювання спирту, а також отримання на виході високоякісного до вживання напою. Наведено принципово-технологічну схему виробництва гіркої настоянки, обґрунтовано технологічні рішення, представлено апаратурно-технологічну схему виробництва гіркої настоянки та принцип її дії.

Ключові слова: екстрагування, концентрування, принципово-технологічна схема, апаратурно-технологічна схема, гірка настоянка.

Постановка проблеми. Сьогодні виробництво лікєро-горілочаних напоїв в Україні є однією з найбільш динамічних галузей промисловості. Найбільш популярні види лікєро-горілочаних напоїв представлені в табл. 1.

Лікєро-горілочані напої містять достатньо високий відсоток етилового спирту, який негативно впливає на організм людини. З метою зменшення споживання

алкогольних напоїв учені спільно з працівниками харчової промисловості розробляють рецептури збагачених напоїв з низьким вмістом спирту, тому створюються алкогольні напої лікувально-профілактичного призначення, в основі яких лежить високоякісна екологічно чиста рослинна сировина [1].

Таблиця 1. Класифікація лікєро-горілочаних напоїв

Група	Вміст спирту, %об	Вміст цукру, мг/дм ³
<i>Лікєри</i>		
Міцні	30—45	32—50
Десертні	25—30	35—50
Креми	20—23	50—60
Наливки	18—20	25—50
<i>Настоянки</i>		
Солодкі	16—25	16—30
Напівсолодкі	30—40	2—10
Гіркі	25—45	—
Бальзами	40—45	—
Пунші	16—17	32—40
Аперитиви	15—45	7—30
Напої десертні	12—16	14—30
Коктейлі	20—40	0—24

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературі подібні розроблення раніше не публікувалися, здійснено тільки описи окремих стадій виробництва традиційних настоянок. Інтенсифікацію процесу екстрагування проводили з використанням екстрагента — водно-спиртової суміші.

Метою дослідження є створення технології виробництва гіркої настоянки, яка забезпечить поглиблене вилучення біологічно-активних речовин із пряно-ароматичної сировини, підвищення біологічної цінності, скорочення тривалості процесу, зменшення витрат спирту й перероблення шроту без додаткового випарювання спирту, а також отримання на виході високоякісного до вживання напою.

Виклад основного матеріалу. Традиційна технологія виробництва гірких настоянок передбачає настоювання рослинної сировини на водно-спиртовій суміші протягом 10—14 діб. Настоювання здійснюють за допомогою двох зливів, тривалість яких коливається від 5 до 7 діб кожний з подальшим їх купажуванням і доведенням до міцності 40 % об. Цей процес є довготривалим, з високими витратами спирту та значними затратами на перероблення шроту. При цьому отримується настоянка низької біологічної цінності [1].

У результаті попередньо проведеного дослідження було встановлено вплив режимних параметрів на процес вилучення фенольних сполук та аскорбінової кислоти з пряно-ароматичної рослинної сировини [5]. Запропоновано нову технологію виробництва гіркої настоянки, яка полягає в тому, що спочатку порошки пряно-ароматичної сировини звільняють від різних домішок і кожен окремо екстрагують водою при постійному перемішуванні, гідромодулі 10 протягом 80 хв та температурі 40 °С з подальшим фільтруванням і концентруванням до заданого вмісту сухих речовин. Наступним техно-

логічним етапом є купажування водних концентратів зі спиртом до міцності 40 % об. Кінцевим етапом виробництва є купажування всіх компонентів з розчином меду. Готова гірка настоянка фільтрується та розливається в пляшки. Принципово-технологічна схема виробництва гіркої настоянки представлена на рис. 1.

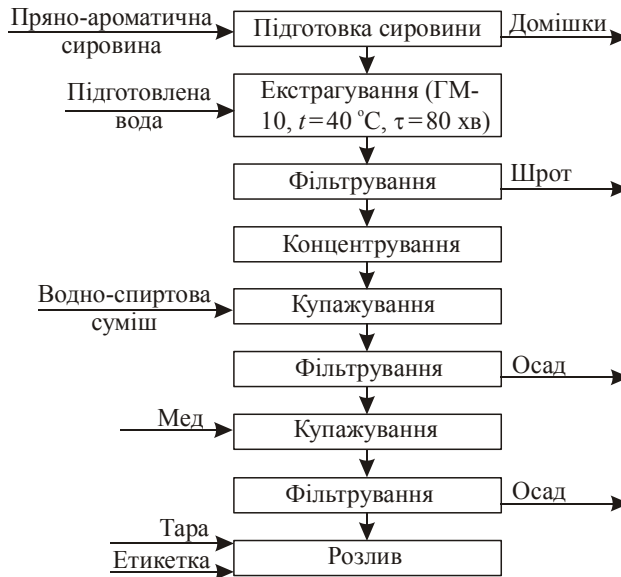


Рис. 1. Принципово-технологічна схема виробництва гіркої настоянки

Наступним етапом роботи є розроблення лінії виробництва гіркої настоянки. За приклад було взято рецептуру гіркої настоянки на основі екстрактів кардамону, імбиру та перцю червоного гіркокого [2].

Лінія виробництва гіркої настоянки містить декілька окремих ділянок, які з'єднані у технологічній послідовності, а саме: ділянка з виробництва водних концентратів, ділянка виробництва розчину меду та власне ділянка з виробництва гіркої настоянки й розливу (рис. 2).

Ділянка з виробництва водних концентратів містить бункер 1, автоматичні ваги 2, гвинтовий транспортер 3, екстрактор 4, насос 5, збірник екстракту 6, фільтр-прес 7, збірник фільтрованого екстракту 8, підігрівач фільтрованого екстракту 9, випарну установку 10, барометричний конденсатор 11, купаажний чан 12, збірник водно-спиртової суміші 13, мірники 14, 15. Ділянка з виробництва розчину меду складається зі збірника 16, купаажного чану 17, кізельгурового фільтра 18, насоса 19, мірника 20. Ділянка з виробництва гіркої настоянки містить купаажний чан 21, фільтр-прес 22, насос 23, збірник гіркої настоянки 24, мийну машину 25, стрічковий транспортер 26, автомат розливу 27, закупорювальний автомат 28, інспекційний автомат 29, збірник виправного браку 30, збірник невивправного браку 31 та етикетувальний автомат 32.

Встановлення екстракторів забезпечить високу інтенсивність процесу екстрагування, скоротить його тривалість і забезпечить максимальне вилучення біологічно активних речовин з рослинної сировини за рахунок зменшення

робку. Наступною стадією є концентрування у випарній установці 10 з попереднім підігрівом екстракту імбиру, який направляєється насосом 5 із збірника 8 через підігрівач 9. Барометричний конденсатор 11 призначений для конденсування пари та створення розрідження. Після концентрування водний концентрат насосом 5 перекачується до купажного чану 12, куди подається водно-спиртова суміш із збірника 13 через мірник 14. Після ретельного перемішування концентрат направляєється у відділення для приготування розчину меду через мірник 15. Мед із збірника 16 подається до купажного чану 17 та змішується з концентратом імбиру. Після приготування розчин меду очищається на кізельгуровому фільтрі 18 та насосом 19 направляєється до купажного чану 21 через мірник 20 для подальшого виробництва гіркої настоянки.

Екстракти кардамону та перцю червоного гіркокого готуються аналогічно (на схемі умовно не показано) та подаються також до купажного чану 21, де змішуються з розчином меду. Далі гірка настоянка фільтрується на фільтр-пресі 22. Після цього готова гірка настоянка за допомогою насоса 23 направляєється до збірника 24 для направлення на розлив. Тим часом пляшки миються в мийній машині 25 та подаються на транспортер 26, де вони наповнюються гіркою настоянкою на апараті розливу 27. Закупорювання пляшок здійснюється на закупорювальному автоматі 28 з подальшою інспекцією на інспекційному автоматі 29. У збірнику 30 відбирають виправний брак, який направляєється до купажного чану 21, а у збірнику 31 — невивправний брак, який надходить на перегонку. Заклучним етапом виробництва гіркої настоянки є наклеювання етикетки на етикетувальному апараті 32 та направлення настоянки на склад готової продукції.

Висновки

Розроблена технологія виробництва гіркої настоянки забезпечить поглиблене вилучення біологічно активних речовин із пряно-ароматичної сировини, підвищення біологічної цінності настоянки, скорочення тривалості процесу, зменшення витрат спирту і перероблення шроту без додаткового випарювання спирту, отримання на виході якісного готового напою.

Література

1. *Домарецький В.А.* Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій / В.А. Домарецький, А.М. Куц, В.А. Шевченко, В.А. Піддубний, Р.М. Леус, І.В. Мельник. — Київ: Фенікс, 2011. — 696 с.
2. *Патент* UA № 99233. Композиція інгредієнтів гіркої настоянки / Попова Н.В., Рибачок А.В.; опуб. 25.05.2015.
3. *Попова Н.В.* Періодичне віброекстрагування харчового барвника із темних сортів винограду / Н.В. Попова, В.Л. Зав'ялов, Т.Г. Мисюра, О.І. Ключко // Вібрації в техніці та технологіях. — 2009. — № 4. — С. 137—143.
4. *ДСТУ 4257:2003* Напої лікєро-горілчані. Загальні технічні вимоги. — Київ: Держспоживстандарт, 2004. — 10 с.
5. *Рибачок А.В.* Інтенсифікація процесу екстрагування при виробництві гірких настоянок / А.В. Рибачок, В.М. Чорний, Т.Г. Мисюра, Н.В. Попова // ОНАХТ: Наукові праці. — 2015. — № 47. — С. 75—78.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОРЬКОЙ НАСТОЙКИ

Н.В. Попова, А.В. Рыбачок, Ю.Ю. Прищепа, Н.В. Лапина

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлена разработанная технология производства горькой настойки на основе водных концентратов, которая обеспечит извлечение биологически активных веществ из пряно-ароматического сырья, повышение биологической ценности, сокращение продолжительности процесса, уменьшение расходов спирта и переработку шрота без дополнительного выпаривания спирта, а также получение на выходе высококачественного напитка. Приведена принципиально-технологическая схема производства горькой настойки, обоснованы технологические решения, представлена аппаратурно-технологическая схема производства горькой настойки и принцип ее работы.

Ключевые слова: экстрагирование, концентрирование, принципиально-технологическая схема, аппаратурно-технологическая схема, горькая настойка.

ENERGY SAVING TECHNOLOGY OF DISTILLER'S WORT

I. Boiarchuk, P. Shiyan, T. Mudrak, A. Kuts

National University of Food Technologies

<p>Key words:</p> <p><i>Fermentation Wort Distiller's solubles Soluble carbohydrates Insoluble starch Frequency of use of distiller's solubles</i></p> <hr/> <p>Article history: Received 13.11.2015 Received in revised form 27.11.2015 Accepted 20.12.2015</p> <hr/> <p>Corresponding author: I. Boiarchuk E-mail: npnuft@ukr.net</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Today the priority for distillery industry in Ukraine is to increase ethanol exports to the EU. Under the conditions when supply exceeds demand, special attention should be paid to profitability. Due to the production of various types of commodity products, alcohol industry has to ensure the quality modeling of alcohol meeting the demands of different customers. The enterprises, which are able to modernize their production according to European standards, will not only survive but also enter the foreign markets. The research of alcoholic fermentation of starch materials with the replacement of industrial water by distiller's solubles at the stage of batching was conducted. It was established that the use of distiller's solubles influences the technological characteristics of the aged wort. The optimum amount and frequency of using distiller's solubles at the stage of batching were determined. The technological scheme of stepwise hydrolysis of starch-containing raw material with heat recovery was developed.</p>
---	---

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ СПИРТОВОЇ БРАЖКИ

Я.А. Боярчук, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, А.М. Куц

Національний університет харчових технологій

На сьогодні для спиртової промисловості України першочерговим завданням є збільшення експорту етанолу у країни Євросоюзу. В умовах, коли пропозиція перевищує попит, особливу увагу приділяють рентабельності виробництва. У зв'язку з виробництвом різних видів товарної продукції спиртова галузь повинна забезпечити можливість моделювання якості спирту під умови замовника. Ті підприємства, які зможуть модернізувати виробництво під євростандарти, здатні не лише вижити, а й завоювати зовнішні ринки. Проведено дослідження спиртового зброджування крохмалевмісної сировини із заміною технологічної води фільтратом барди на стадії приготування замісу. Встановлено, що використання фільтрату барди впливає на технологічні показники дозрілої бражки. Визначено оптимальну кількість і кратність використання фільтрату барди на стадії приготування замісу. Розроблено технологічну схему постадійного гідролізу крохмалевмісної сировини із рекуперацією тепла.

Ключові слова: зброджування, сусло, фільтрат барди, водорозчинні вуглеводи, нерозчинний крохмаль, кратність використання фільтрату барди.

Постановка проблеми. Входження України до загальноєвропейського ринку вимагає від підприємств спиртової галузі зниження собівартості продукції за рахунок розробки і впровадження інноваційних технологій, які забезпечать збільшення питомого виходу товарної продукції при максимальній утилізації відходів виробництва.

У Національному університеті харчових технологій ведуться системні дослідження, спрямовані на розробку ресурсо- та енергозберігаючих технологій спиртового виробництва і зниження впливу шкідливих відходів на навколишнє середовище, зокрема інтенсифікація процесу приготування спиртової бражки з крохмалевмісної сировини й утилізації післяспиртової барди.

Основним відходом спиртових заводів є післяспиртова барда, кількість якої залежить від концентрації спирту в бражці, бражному дистилаті та кількості конденсату гріючої пари, яка витрачається на брагоперегонку при «відкритому» обігріві бражної колони. Кількість післяспиртової барди в середньому становить 11...13 дал на 1 дал спирту.

Післяспиртова барда являє собою складну полідисперсну систему, до складу якої входять органічні та мінеральні речовини зерна, дріжджова біомаса, що збагачують її білковими речовинами, амінокислотами й цілим комплексом вітамінів. Використання фільтрату барди на стадії приготування замісів дозволяє не тільки знизити її загальну кількість, але й збагачує сушло амінім азотом, підвищує фізіологічну активність дріжджів на стадії їх приготування та зброджування сусла, а також збільшує питомий вихід спирту [1].

Зернова барда — це якісний кормовий продукт для худоби, який містить до 30 % білка на суху речовину. Через відсутність великих комплексів з відгодівлі худоби більша частина післяспиртової барди потрапляє на поля фільтрації, що негативно впливає на довкілля та забруднює землі сільськогосподарського призначення. Утилізація барди при концентрації в ній сухих речовин (СР) 5...8 % шляхом випарювання з подальшим висушуванням призводить до значних енерговитрат, потребує додаткового обладнання при окупності первинних інвестицій за 4...6 років. Крім того, при підготовці крохмалевмісної сировини до гідролізу витрачається 300...400 % технологічної води до маси зерна [2, 3].

Існує позитивний досвід часткової (до 30...40 %) заміни технологічної води фільтратом барди та розведення концентрованого сусла фільтратом барди на стадії бродіння [4].

Середня кількість фільтрату барди при концентрації спирту в бражці 12...13 об.% і закритому обігріві бражної колони складає 60...65 % від загальної кількості води, потрібної для приготування замісу [4].

Мета дослідження полягає у вивченні впливу кількості фільтрату барди й кратності його використання на процеси зброджування сусла і технологічні показники дозрілої бражки.

Викладення основного матеріалу. Для досліджень використовували кукурудзу крохмалистістю 68,1 % концентрації сусла 21,2 % СР. Термоферментативну обробку зернових замісів проводили при температурі 85...90 °С із використанням термостабільної α -амілази (Tegamyl HS 77 L) з розрахунку 0,5 од. АЗ/г крохмалю при експозиції 3 години. Гідроліз розріджуваного замісу до зброджування цукрів проводили глюкоамілазним ферментним

препаратом (Diazyme SG) із розрахунку 6 од. ГлЗ/г крохмалю при температурі 55...60 °С і експозиції 30 хв.

Зброджували сусло при температурі 32...35 °С дріжджами *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 (селекція НУХТ) [5]. Концентрація крохмалю в зерні, гранулометричний склад помелу, концентрацію сухих речовин визначали за методиками прийнятими в спиртовій галузі. В зрілій бражці рН визначали електрометричним методом, концентрацію етанолу — пікнометричним та аерометричним методом, вуглеводів — фотоелектроколометричним методом із антроновим реактивом [6]. В'язкість сусла та фільтрату післяспиртової барди визначили за допомогою віскозиметра «Брукфільда DV-E».

Використання фільтрату барди здійснювали до 6 циклів при коефіцієнті рекуперації фільтрату барди (КРБ) 0,2; 0,3; 0,4; 0,6:

$$\text{КРБ} = G_{\text{фб}} / G_{\text{в}},$$

де $G_{\text{фб}}$ та $G_{\text{в}}$ — вага фільтрату барди та загальна кількість води на заміс відповідно, кг.

Аналіз хіміко-технологічних показників сусла та бражки показав (табл. 1), що рН сусла знижується залежно від кількості внесеного фільтрату барди та циклів використання. Так, у контрольному зразку рівень рН сусла становив 6,21, із підвищенням кількості фільтрату барди цей показник знижувався і при 60 % заміні води фільтратом барди (КРБ = 0,6) він складав 5,8, а на шостому циклі — 4,45.

Таблиця 1. Вплив циклів використання фільтрату барди на хіміко-технологічні показники бражки

№ п/п	КРБ	СР, %	рН сусла	рН бражки	Вуглеводи бражки г/100 см ³				Концентрація гліцерину, г/100 см ³	Концентрація етанолу, % об.	Концентрація дріжджових клітин, млн/см ³
					Водорозчинні	Нерозчинний крохмаль	Спирто-розчинні	Декстрини			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	I цикл контроль	21,20	6,21	4,50	0,235	0,061	0,094	0,127	0,71	11,20	160
2.	0,6	22,00	5,80	4,64	0,321	0,083	0,128	0,173	0,85	11,50	198
3.	0,4	21,67	5,97	4,57	0,316	0,082	0,126	0,170	0,84	11,33	195
4.	0,3	21,50	6,00	4,46	0,269	0,070	0,108	0,145	0,80	11,30	169
5.	0,2	21,27	6,14	4,37	0,264	0,069	0,106	0,142	0,78	11,25	166
6.	II цикл контроль	21,25	6,35	4,51	0,243	0,063	0,097	0,131	0,73	11,23	155
7.	0,6	22,10	5,50	4,60	0,342	0,089	0,137	0,185	0,95	11,55	210
8.	0,4	21,77	5,57	4,53	0,337	0,088	0,135	0,182	0,94	11,38	207
9.	0,3	21,62	5,60	4,47	0,287	0,075	0,115	0,155	0,85	11,33	178
10.	0,2	21,19	5,75	4,38	0,281	0,074	0,113	0,152	0,83	11,28	174
11.	III цикл контроль	21,20	6,23	4,50	0,220	0,057	0,088	0,119	0,70	11,20	163
12.	0,6	22,10	5,29	4,60	0,385	0,100	0,154	0,208	1,02	11,41	215
13.	0,4	21,77	5,43	4,53	0,379	0,099	0,152	0,205	1,00	11,29	212

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.	0,3	21,74	5,52	4,47	0,315	0,082	0,126	0,170	0,98	11,25	179
15.	0,2	21,31	5,63	4,38	0,309	0,080	0,123	0,167	0,96	11,23	175
16.	IV цикл контроль	21,23	6,26	4,48	0,245	0,064	0,098	0,132	0,72	11,18	158
17.	0,6	22,30	5,05	4,57	0,463	0,120	0,185	0,250	1,08	11,35	219
18.	0,4	21,97	5,17	4,50	0,456	0,118	0,182	0,246	1,06	11,25	216
19.	0,3	21,81	5,22	4,45	0,354	0,092	0,142	0,191	1,03	11,23	180
20.	0,2	21,37	5,34	4,36	0,347	0,090	0,139	0,187	1,01	11,21	176
21.	V цикл контроль	21,20	6,23	4,50	0,233	0,061	0,093	0,126	0,71	11,22	161
22.	0,6	22,45	4,61	4,52	0,503	0,150	0,201	0,272	1,07	11,28	218
23.	0,4	22,11	4,92	4,45	0,485	0,148	0,198	0,268	1,05	11,25	215
24.	0,3	21,93	5,13	4,40	0,394	0,118	0,158	0,213	1,04	11,23	185
25.	0,2	21,49	5,24	4,31	0,386	0,116	0,155	0,209	1,02	11,20	181
26.	VI цикл контроль	21,25	6,21	4,51	0,258	0,067	0,103	0,139	0,73	11,20	160
27.	0,6	23,11	4,45	4,45	0,558	0,178	0,223	0,301	1,11	11,22	216
28.	0,4	22,76	4,78	4,42	0,500	0,175	0,220	0,296	1,11	11,22	213
29.	0,3	22,00	5,11	4,40	0,415	0,120	0,166	0,224	1,11	11,23	182
30.	0,2	21,56	5,01	4,31	0,407	0,118	0,163	0,220	1,10	11,20	178

На основі досліджень встановлено, що з підвищенням циклів використання фільтрату барди знижується не тільки рН замісу, а й зростає його в'язкість (рис. 1). На перших двох циклах використання фільтрату барди в'язкість розрідженого замісу змінюється в достатньо вузькому діапазоні — 1,1...1,7 Па·с. На третьому циклі в'язкість зростає до 1,3...2,7 Па·с, але фільтрат барди зберігає достатню текучість, тому можливе використання відцентрових насосів.

Уже на четвертому циклі в'язкість розрідженого замісу підвищувалась до 1,5...3,2 Па·с і при коефіцієнті рекуперації фільтрату барди 0,6 його перекачування відцентровими насосами значно ускладнюється.

Поступове зростання в'язкості замісу може бути викликано підвищеною концентрацією органічних кислот і частковою коагуляцією білків із подальшою адсорбцією на них ферментів, що негативно впливає на активність α -амілаз.

Концентровані ФП володіють селективною дією з відповідним оптимум рН, температурою й експозицією.

З метою збільшення циклів використання фільтрату барди та зниження в'язкості розрідженого замісу на стадії приготування замісу був використаний протеолітичний ферментний препарат Alphasase AFP із розрахунку 0,035 ПЗ/г сировини та кислотійка α -амілаза — Amylex A3 — 0,25 АЗ/г крохмалю (що становить 50 % від загальної кількості внесеної α -амілази) при експозиції 30 хв і температурі 55...57 °С на стадії приготування замісу. З подальшим підвищенням температури до 65...70 °С при експозиції 120 хв та остаточним розрідженням при температурі 90 °С протягом 60 хв за наявності термостабільної α -амілази Tegamyl HS 77 L. Заміс охолоджували до 32 °С, додавали ферментний препарат Tegamyl GA 400 L із розрахунку 6 од. ГлЗ/г крохмалю і зброджували протягом 72 год.

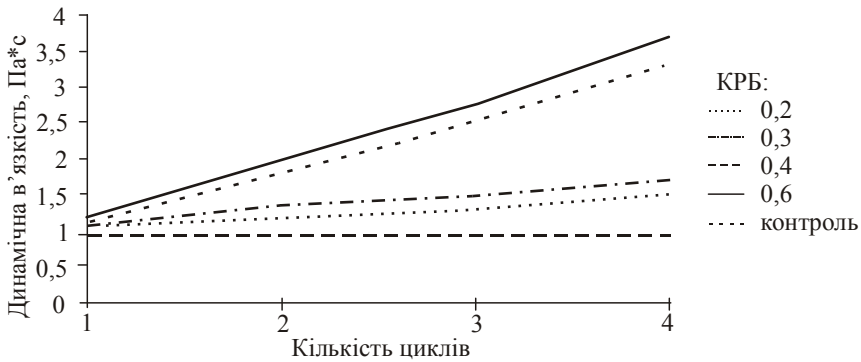


Рис. 1. Вплив коефіцієнта рекуперації фільтрату барди і кількості циклів на динамічну в'язкість замісу

При вказаних параметрах термоферментативної обробки сировини з використанням фільтрату барди в'язкість розрідженого замісу при КБР 0,6 на 6 циклі збільшувалась з 1,23 Па·с до 2,3 Па·с (рис. 2) при граничному значенні в'язкості не більше 3,0 Па·с [1].

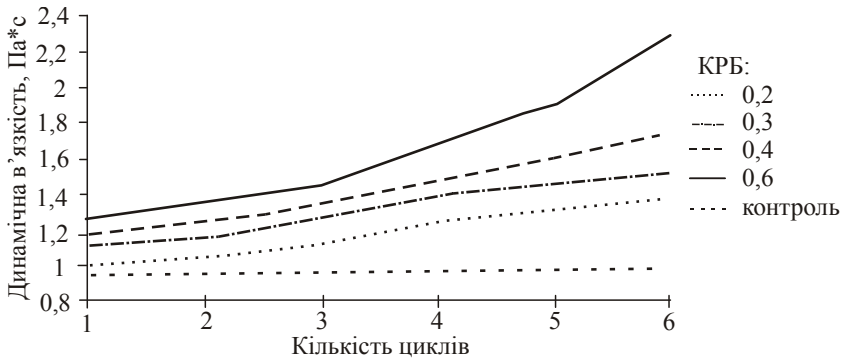


Рис. 2. Вплив коефіцієнта рекуперації фільтрату барди і кількості циклів на динамічну в'язкість замісу при використанні комплексу ферментних препаратів

Із зростанням кількості циклів використання фільтрату барди концентрація водорозчинених вуглеводів бражки поступово зростає і на шостому циклі підвищується в 1,57 та 2,16 рази відповідно до кількості фільтрату барди (табл. 1).

На шостому циклі зброджування сусла при КБР 0,6 відбувається підвищення концентрації декстринів до 0,3 г/100 см³ бражки, що свідчить про часткову інактивацію глюकोамілази, в результаті чого знижувалася концентрація спирту в бражках порівняно з першим циклом на 2,43 %. Синтез дріжджових клітин з підвищенням кількості фільтрату барди зростав у 1,05...1,35 рази порівняно з контрольним зразком і практично не змінювався від кількості циклів. Протягом 6 циклів дріжджі були однорідними за розмірами, мали круглу форму, але кількість мертвих клітин із підвищенням циклів поступово зростала і на 6 циклі збільшилася на 10—15 %.

Концентрація гліцерину в бражці підвищувались залежно від кількості фільтрату барди з 1,1...1,2 на 1 циклі до 1,4...1,5 на шостому циклі, що ймовірно пов'язане із збільшенням дріжджової популяції та її біосинтетич-

ною активністю, а також із частковим поверненням гліцерину з фільтратом барди на стадії приготування замісу.

На підставі отриманих даних запропонована енергозберігаюча технологія поетапного термоферментативного гідролізу біополімерів зерна та їх залишків у фільтраті барди на стадіях приготування замісу, термоферментативної обробки, оцукрення та збродження (рис. 3).

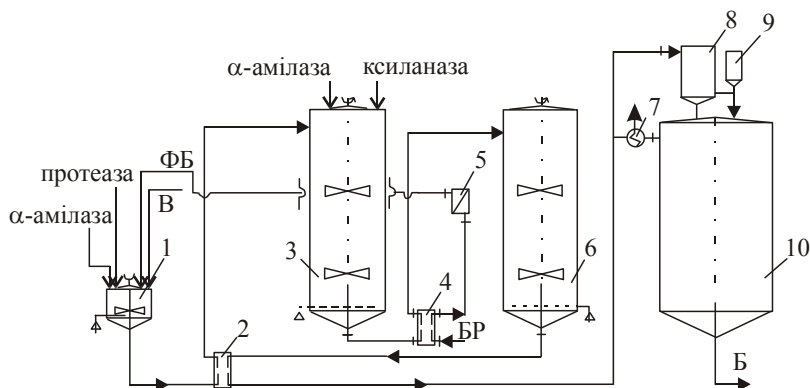


Рис. 3. Технологічна схема поетапного термоферментативного гідролізу крохмалевмісної сировини:

1 — змішувач; 2, 4 — рекуперативні теплообмінники; 3 — ТФО першого ступеня; 5 — бардяний фільтр; 6 — ТФО другого ступеня; 7 — охолоджувач суслу; 8 — дріжджанка; 9 — збірник ФП — глюкоамілази; 10 — бродильний апарат; БР — барда, ФБ — фільтрат барди, В — вода, Б — бражка

Таблиця 2. Технологічні параметри поетапного термоферментативного гідролізу крохмалевмісної сировини

№ п/п	Технологічні стадії	Технологічні параметри			
		pH	Температура, °C	Експозиція, хв	Витрати, кг/т крохмалю (од. активності)
1	Приготування замісу ФП — кислотостійка α -амілаза (Amylex A3)	$\geq 4,0$	55...57	30...45	0,08...0,1 (0,25)
	ФП — протеаза (Alphalase AFP)				0,05...0,06 (0,035)
2	ТФО — першого ступеня ФП — ксиланаза (Laminex BG2) *	$\geq 4,0$	65...70	60...90	0,02...0,03 (4,0)
3	ТФО — другого ступеня ФП — α -амілаза термостабільна (Tegamyl HS 77 L)	$\geq 4,0$	80...90	90	0,25...0,4 (0,25)
4	Дріжджегенерація ФП — кислотостійка глюкоамілаза (Tegamyl GA 400 L)	$\geq 4,0$	55...60	30	0,6...0,7 (6,0)
5	Бродіння ФП — кислотостійка глюкоамілаза (Tegamyl GA 400 L)	$\geq 4,0$	32...34	64...72 год	0,6...0,7 (6,0)

* При переробці жита, пшениці, тритікале і ячменю.

Висновки

Із зростанням кількості циклів використання фільтрату барди концентрація водорозчинних вуглеводів бражки зростає і на шостому циклі при коефіцієнті рекуперації барди 0,6 підвищується в 2,2 раза, при цьому концентрація декстринів досягає 0,3 г/см³, а концентрація спирту в бражці знижується в середньому на 2,4 %. Для зниження в'язкості сусла та досягнення нормативних показників спиртової бражки необхідно використовувати, залежно від виду сировини, додаткові ферментні препарати протеазної і ксиланазної дії.

Для забезпечення багаторазового використання фільтрату барди на стадії приготування зернових замісів більш глибокого гідролізу біополімерів зерна та зменшення їх залишків у фільтраті барди доцільно використовувати кислотостійку α -амілазу (0,25 од. АЗ/г крохмалю) на стадії приготування замісу та ферментні препарати протеолітичної (0,035 ПЗ/г сировини) і ксилолітичної дії (4,0 КЗ/г сировини) із постадійним їх введенням у зони максимальної активності, при цьому в'язкість розрідженого сусла не перевищує 2,3 Па•с, що дозволяє використовувати відцентрові насоси.

Синтез дріжджових клітин з підвищенням коефіцієнта рекуперації фільтрата барди від 0,2 до 0,6 підвищується в 1,05...1,35 раза і практично не залежить від кількості циклів. У той же час концентрація мертвих клітин із збільшенням циклів поступово зростає і на 6 циклі досягає 10...15%.

Література

1. *Кайшев А.Ш.* Послеспиртовая зерновая барда — перспективный источник биологически активных веществ / Кайшев А.Ш., Кайшева Н.Ш., Челомбитко В.А., Василеико Ю.К. // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2011. — № 2. — С. 30.
2. *Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.
3. *Дослідження з використання фільтрату барди для приготування замісу в технології зернового спирту / В.М. Ісаєнко, В.О. Маринченко, В.Ф. Семенко та ін.* // Харчова промисловість. — 2001. — № 1 (46). — С. 104—106.
4. *Шиян П.Л.* Використання фільтрату барди при приготуванні зернових замісів / Шиян П.Л., Сосницький В.В., Мудрак Т.О., Боярчук Я.А. // Харчова і переробна промисловість. — 2015. — № 4. — С. 12—17.
5. *Патент № 7245 Україна МПК С П № 15/00.* Осмофільний штам дріжджів *Saccharomycescerevisiae* ДО — 11 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / Іванов С.В., Шиян П.Л., Мудрак Т.О., Олійнічук С.Т. та ін.; № u 2011 14490; заявл. 07.12.2011; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15.
6. *Інструкція по техно-химическому и микробиологическому контролю спиртового производства.* Под ред. А.П. Рухлядовой. — М.: Агропромиздат, 1986.
7. *Римарева Л.В.* Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей / Л.В. Римарева. — М.: ДеЛиПринт, 2010. — 251 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СПИРТОВОЙ БРАЖКИ

Я.А. Боярчук, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, А.М. Куц

Национальный университет пищевых технологий

На сегодняшний день для спиртовой промышленности Украины первоочередной задачей является увеличение экспорта этанола в страны Евросоюза. В

условиях, когда предложение превышает спрос, особое внимание уделяется рентабельности производства. В связи с производством различных видов товарной продукции спиртовая отрасль должна обеспечить возможность моделирования качества спирта под условия заказчика. Те предприятия, которые смогут модернизировать производство под евростандарты, способны не только выжить, но и завоевать внешние рынки. Проведено исследование спиртового сбраживания крохмалсодержащего сырья с заменой технологической воды фильтратом барды на стадии приготовления замеса. Установлено, что использование фильтрата барды влияет на технологические показатели зрелой бражки. Определены оптимальное количество и кратность использования фильтрата барды на стадии приготовления замеса. Разработана технологическая схема постадийного гидролиза крохмалсодержащего сырья с рекуперацией тепла.

Ключевые слова: сбраживание, сусло, фильтрат барды, водорастворимые углеводы, нерастворимый крахмал, кратность использования фильтрата барды.

USE OF COMPLEX BAKING IMPROVER “FRESHNESS +” IN BAKERIES PRODUCTS TECHNOLOGY

E. Bilyk, G. Grischenko, E. Khalikova, A. Marynin

National University of Food Technologies

Key words:

*Baking industry
Complex bread improvers
Staling of bakery
products*

Article history:

Received 12.11.2015
Received in revised form
25.11.2015
Accepted 20.12.2015

Corresponding author:

E. Bilyk
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article deals with technological aspects of the production of dried potato powder and its use in manufacturing of complex bread improvers for extending the shelf life of baked goods. The results of theoretical and experimental research on the complex baking improver “Freshness +” are presented. The processes associated with staling and the loss of organoleptic and physico-chemical indicators of quality that occur during the storage of bakery products are reviewed. The positive influence of the complex baking improver “Freshness +” on the quality and freshness of bakery products are proven.

ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ПОЛІПШУВАЧА «СВІЖІСТЬ +» У ТЕХНОЛОГІЇ БУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

О.А. Білик, Г.М. Грищенко, Е.Ф. Халікова, А.І. Маринін

Національний університет харчових технологій

У статті розглянуто технологічні аспекти виробництва сухого картопляного порошку та використання його у виробництві комплексного хлібопекарського поліпшувача для подовження терміну зберігання булочних виробів. Наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень зі створення комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість+». Розглянуто процеси, пов'язані з черствінням, втратою органолептичних і фізико-хімічних показників якості, що відбуваються під час зберігання булочних виробів. Доведено позитивний вплив комплексного хлібопекарського поліпшувача «Свіжість +» на якість і подовження терміну зберігання свіжості булочних виробів.

Ключові слова: хлібопекарська промисловість, комплексний хлібопекарський поліпшувач, черствіння булочних виробів.

Постановка проблеми. Науковому обґрунтуванню подовження свіжості булочних виробів присвячено праці В.І. Дробот, Л.Я. Ауермана, Н.І. Савчук, А.Ф. Горячева, В.Г. Юрчак та ін. Автори пропонують технологічні заходи та

використання нетрадиційної сировини для запобігання черствінню булочних виробів, тому розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача на основі нетрадиційної сировини для подовження терміну збереження свіжості булочними виробами є доцільним і актуальним [1, 2, 3].

Для подовження терміну зберігання виробів використовуються крохмале-вмісна сировина (картопляні продукти у різному вигляді). У більшості випадків використовують картопляні пластівці, які підвищують водопоглинальну здатність борошна, покращують якість виробів і зменшують швидкість черствіння, але подальше використання їх для розроблення комплексних хлібопекарських поліпшувачів через різні причини неможливе, тому рекомендується використовувати сухе картопляне пюре [4].

За класичною технологією виробництва сухого картопляного пюре застосовують сульфітацію 0,1 % розчином бісульфіту натрію протягом 1...2 хв [5]. За вимогами GRAS використання харчових добавок хімічного походження у хлібопекарському виробництві не допускається, тому виникла необхідність розроблення технологічної схеми виробництва сухого картопляного порошку (СКП), яка відрізняється від технології виробництва сухого картопляного пюре тим, що очищену картоплю не обробляють сірчистим ангідридом, а зберігають у воді (рис. 1).

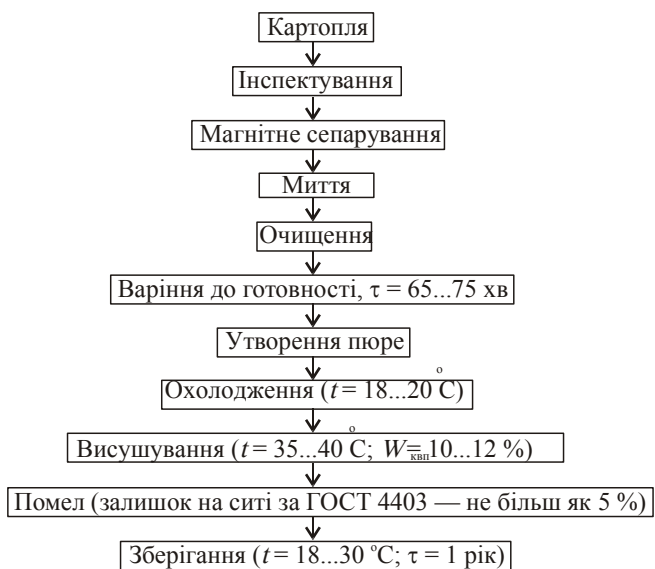


Рис. 1. Принципова технологічна схема виробництва сухого картопляного порошку

Проте додання лише сухого картопляного порошку не здатне комплексно вирішити проблему подовження тривалості зберігання булочних виробів. Для вирішення цієї проблеми доцільно використовувати нетрадиційну сировину та поліпшувальні добавки: відновники, окисники, ферментні препарати, поверхнево-активні речовини, регулятори консистенції. Але найчастіше використовують комплексні хлібопекарські поліпшувачі, які містять поліпшувачі відновної та окисної дії, структуроутворювачі, поверхнево-активні речовини і ферментні препарати [1].

Комплексні поліпшувачі якості хлібобулочних виробів містять від двох до восьми і більше інгредієнтів, випускаються у вигляді порошку, пастоподібному або рідкому стані. Дозування їх у тісто становить 0,1...2,0 % до маси борошна [6, 7].

Розроблення комплексних хлібопекарських поліпшувачів на основі нетрадиційної сировини для подовження тривалості збереження свіжості булочних виробів є актуальним і має наукове та практичне значення. Реалізація технології виробництва комплексного хлібопекарського поліпшувача не потребує складного технологічного забезпечення, тому знайде практичне застосування.

Мета дослідження. Обґрунтувати доцільність використання розробленого сухого картопляного порошку у виробництві комплексного хлібопекарського поліпшувача для подовження тривалості зберігання свіжості булочних виробів.

Матеріали і методи. Тісто для лабораторних випікань готували безопарним способом з масовою часткою вологи 42 %, і замішували в двохшвидкісній тістомісильній машині. Комплексний хлібопекарський поліпшувач і його компоненти дозували в сухому вигляді під час замішування тіста. Формували тістові заготовки вручну. Вистоювали за температури $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$ і відносної вологості $(75 \pm 2) \%$ до готовності. Вироби випікали в шафовій печі за температури 220...240 $^\circ\text{C}$.

Якість хліба визначали за фізико-хімічними (питомий об'єм, пористість, формостійкість, структурно-механічні властивості м'якушки) та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні скоринки, структура пористості, смак, запах). Вплив добавок на тривалість збереження виробами свіжості досліджували за зміною структурно-механічних властивостей м'якушки. Визначали її загальну деформацію після 72 год зберігання на пенетрометрі АП 4/1. Комплексний показник якості визначали за бальною оцінкою якості хлібобулочних виробів [7].

Ступінь черствіння досліджували способом визначення набухання м'якушки і кришкуватості хліба, що характеризує його свіжість або ступінь черствіння. Вміст ароматичних речовин у хлібі визначали за кількістю бісульфітзв'язуючих сполук, за методикою, розробленою Р.Р. Токаревою та В.А. Кретовичем [8]. Водопоглинальну здатність визначали за методикою, розробленою В.Г. Юрчак і Г.І. Волощук [9]. Активність води визначали за допомогою приладу Нугролаб-2 (Rotronic, Швейцарія) за температури $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Результати і обговорення. За результатами попередніх досліджень було розроблено технологічну схему виробництва сухого картопляного порошку (СКП), визначено хімічний склад і показники якості СКП. Дослідженнями встановлено, що сухий картопляний порошок порівняно з пшеничним борошном вищого сорту містить більше клітковини, моно- та дисахаридів, крохмалю, лише білка в ньому менше на 2,0 %. За вмістом калію найбільш багатим є СКП, але він найбільш бідний на фосфор.

Під час визначення показника водопоглинальної здатності встановлено, що СКП може зв'язувати вільну вологу, яка міститься в булочних виробках, в більшій мірі, ніж пшеничне борошно. Це є передумовою подовження терміну збереження свіжості булочними виробами.

Досліджували вплив СКП на тривалість збереження свіжості булочними виробами. За комплексним показником якості булочних виробів встановлено,

що оптимальним є дозуванням СКП в кількості 2,0 % до маси борошна, що слугує передумовою розроблення комплексного хлібопекарського поліпшувача (КХП) на його основі для подовження тривалості збереження свіжості булочними виробами.

За основу КХП «Свіжість +» обрано СКП, досліджено вплив його та інших складових на якість готових виробів під час зберігання і встановлено оптимальне дозування кожного компонента для виробництва поліпшувача.

Так, для покращання питомого об'єму хлібобулочних виробів у КХП включають ферментні препарати амілолітичної дії. Нами досліджено вплив ферментного препарату німецької фірми «Muhlenchemie» α -амілазної дії — Alphamalt VC 5000 (5000 SKB/g) на показники якості булочних виробів. Встановлено, що оптимальне дозування ферментного препарату за комплексним показником якості становить 0,005 % до маси борошна [6].

З літературних джерел відомо, що для подовження тривалості зберігання хлібобулочних виробів використовують мальтодекстрин, який має вологоутримуючу здатність [10]. Встановлено, що оптимальне дозування мальтодекстину за комплексним показником якості становить 0,02 % до маси борошна.

Одним із натуральних окиснювачів є аскорбінова кислота, яку вносять у КХП. Дослідженнями з оптимального її дозування встановлено, що найкращі показники якості батона нарізного отримано у разі внесення аскорбінової кислоти в кількості 0,01 % до маси борошна [6].

За результатами бальної оцінки батона нарізного, отриманого лабораторним випіканням, і розрахунку комплексного показника якості розроблено комплексний хлібопекарський поліпшувач «Свіжість +» (КХП «Свіжість +»). За комплексним показником якості встановлено оптимальне дозування КХП «Свіжість +», яке становить 2 % до маси борошна. Більша його кількість негативно впливає на всі показники якості, а отже, понижує комплексний показник якості хліба.

Відомо, що втрата свіжості булочними виробами є результатом складних фізико-хімічних, колоїдних і біохімічних процесів — змін у вуглеводах і білках та зниження маси за рахунок зменшення вмісту води і летких речовин. У подальших дослідженнях аналізували вплив КХП «Свіжість +» на швидкість черствіння хлібобулочних виробів. Найбільш повно характеризують збереження свіжості виробами такі показники, як зміна структурно-механічних властивостей м'якушки, її кришкуватість і набухання, вміст бісульфітз'язуючих сполук, активність води та мікробіологічні показники.

Булочні вироби готували безопарним способом без добавок і з доданням у тісто КХП «Свіжість +» в кількості 2 % до маси борошна. Досліджувані зразки батона нарізного зберігали за температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості $(75 \pm 2) \%$. Оцінку якості проводили через 4, 24, 48 та 72 год зберігання після випікання.

Відомо, що перші зміни, які відбуваються в булочних виробих під час зберігання, органолептично можна встановити через 9...10 год після випікання [2, 11]. Проведено органолептичний аналіз ступеня свіжості досліджуваних зразків за 8-бальною шкалою.

Результати досліджень (рис. 2) показують, що черствіння контролю відбувається інтенсивніше, ніж батона з КХП «Свіжість +». Найбільшу різницю в

ступені свіжості цих об'єктів (3 бали) було відмічено через 72 год зберігання після випікання.



Рис. 2. Зміна ступеня свіжості досліджуваних зразків:
а — контроль (без добавок), б — з КХП «Свіжість +»

Після випікання всі досліджувані зразки були відмічені високими балами, але після 24 год зберігання розходження в оцінці ступеня свіжості між зразками стало змінюватися і становило 1 бал.

Процес черствіння найчастіше пов'язують з ущільненням структури крохмалю, яке відбувається в результаті його ретроградації. При цьому об'єм крохмальних зерен зменшується і між молекулами білка й крохмалю з'являються порожнини. Збільшення кришкуватості хліба під час зберігання пояснюється утворенням таких тріщин [8, 12, 13]. Результати досліджень свідчать (рис. 3), що в процесі зберігання значення кришкуватості поступово зростало в обох зразках. Але порівняно з контролем значення кришкуватості зменшується за умови використання КХП «Свіжість +» — на 42,0...46,0 % після зберігання 24, 48 та 72 год.

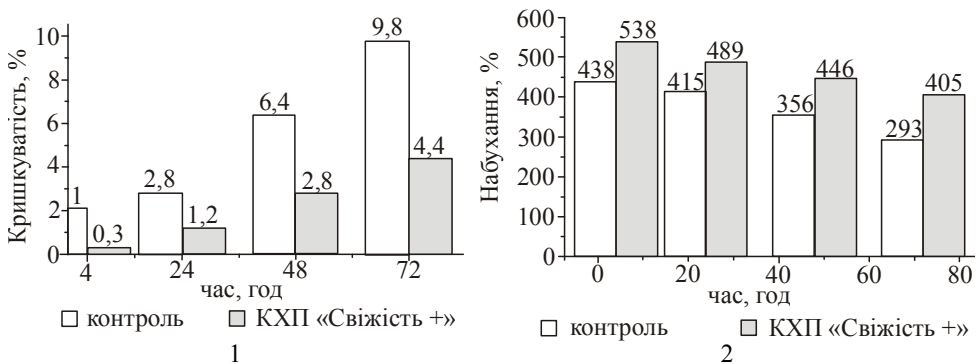


Рис. 3. Кришкуватість (1) і набухання (2), %

Паралельно збільшенню кришкуватості відбуваються зміни при набуханні м'якушки хліба, що має зворотний характер (рис. 2). У міру збільшення кришкуватості набухання м'якушки батона під час зберігання зменшується, що пов'язано зі зниженням здатності колоїдних речовин поглинати воду за рахунок ущільнення структури крохмалю і білків у процесі їх старіння [12]. Цей процес є більш інтенсивним під час зберігання контролю. Зв'язування води м'якушкою виробів, в які вносили КХП «Свіжість +», також знижується в процесі зберігання, але це зменшення за три доби зберігання становило 25 %

порівняно з контролем (33 %), що свідчить про уповільнення старіння гідролоїдів виробів.

Одним із процесів, що найбільш інтенсивно відбувається під час зберігання хлібобулочних виробів, є зміни структурно-механічних властивостей м'якушки батона, які визначали за її деформацією через 4, 24, 48 і 72 год зберігання за допомогою пенетрометра АП 4/1 [8, 14]. Результати досліджень представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Показники деформації м'якушки виробів під час зберігання

Зразки батона, термін зберігання	Вид деформації, одиниць приладу			Збереження свіжості, %
	загальна	пластична	пружна	
4 год зберігання				
Контроль (без добавок)	82	52	30	
З КХП «Свіжість +»	118	77	41	
24 год зберігання				
Контроль (без добавок)	73	48	25	89,0
З КХП «Свіжість +»	112	78	34	94,9
48 год зберігання				
Контроль (без добавок)	60	40	20	73,0
З КХП «Свіжість +»	101	70	31	85,6
72 год зберігання				
Контроль (без добавок)	46	34	12	56,1
З КХП «Свіжість +»	87	61	26	73,7

Як свідчать дані, наведені у табл. 1, за умови додання в тісто КХП «Свіжість +» покращується загальна, пластична і пружна деформація м'якушки. Досліджувані добавки сприяють подовженню терміну збереження виробами свіжості, швидкість черствіння хліба пшеничного з КХП «Свіжість +» через 72 год зменшується на 17,6 %. Це можна пояснити збільшенням у тісті кількості білків за рахунок внесення СКП, що робить структуру пор м'якушки міцнішою внаслідок підсилення гідратаційних зв'язків, а це, у свою чергу, стримує втрати вологи крохмалем під час зберігання хліба. У разі додання в тісто фермента амілолітичної дії знижується швидкість рекристалізації амілопектинової фракції крохмалю, що затримує його ретроградацію.

Подальші дослідження стосувалися визначення активності води, яка показує ступінь її зв'язку з компонентами продукту. На вміст вологи у виробі впливає відносна вологість навколишнього середовища. Різниця між відносною вологістю довкілля й активністю води визначає, чи будуть вироби поглинати або втрачати вологу під час зберігання. Міграція вологи відбувається до отримання рівноважного стану та змінює структуру виробу. Хлібобулочні вироби за умови зниження активності води до 0,7...0,5 швидко черствіють за рахунок міграції вологи з м'якушки (яка має високе значення активності води) до скоринки з меншим значенням активності води, в результаті чого м'якушка стає більш сухою і твердою, а скоринка — менш хрусткою [15, 16].

Аналіз результатів досліджень показав, що під час зберігання міграція води від м'якушки до скоринки у виробі із КХП «Свіжість +» відбувається повільніше порівняно з контролем (без добавок) (рис. 3). Отже, внесення КХП «Свіжість +» до рецептури хлібобулочних виробів з пшеничного борошна подовжує тривалість збереження ними свіжості.

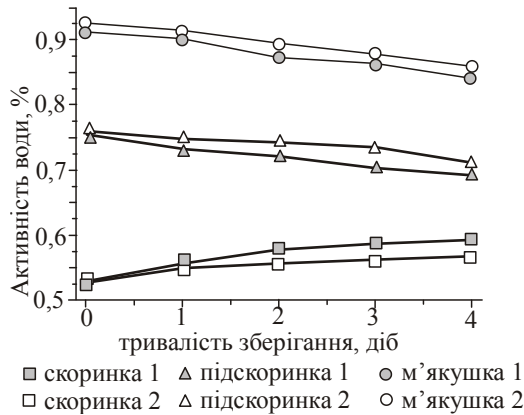


Рис. 4. Активність води: 1 — контроль (без добавок); 2 — хліб з КХП «Свіжість+»

Смак і аромат є показниками якості, від яких залежить засвоєння їжі. Вони формуються під час тістоприготування та випікання тістових заготовок і залежать від складових рецептури, вмісту речовин, які утворюються під час дозрівання тіста, але вирішальну роль у їх формуванні відіграють продукти взаємодії цукрів, інших карбонільних сполук з амінокислотами і білками під час випікання.

Встановлено [17], що загальний вміст карбонільних сполук у скоринці хлібо-булочних виробів у 4—6 разів більший, ніж у м'якушці. Цьому в певній мірі сприяє карамелізація цукрів при зневодненні скоринки під час випікання виробів. Вміст карбонільних сполук у процесі зберігання зменшується, причому інтенсивніше в скоринці, внаслідок звітрювання в оточуюче середовище бісульфідзв'язуючих сполук. Частково карбонільні сполуки дифундують у м'якушку.

Таблиця 2. Вміст бісульфідзв'язуючих сполук у хлібобулочних виробих, см³ 0,1моль/дм³ розчину йоду на 100 г сухих речовин

Зразки досліджуваних хлібобулочних виробів	М'якушка	Скоринка
Через 4 год		
Контроль (без добавок)	6,8	27,9
КХП «Свіжість+»	7,6	31,1
Через 24 год		
Контроль (без добавок)	5,5	22,6
КХП «Свіжість+»	6,3	26,1
Через 48 год		
Контроль (без добавок)	4,6	18,7
КХП «Свіжість+»	5,6	24,1
Через 72 год		
Контроль (без добавок)	3,3	13,2
КХП «Свіжість+»	4,6	18,8

У разі внесення добавок у тісто в ньому змінюється вміст білкових речовин. Оскільки основними сполуками, що формують аромат хлібобулочних виробів, є карбонільні сполуки, визнаною методикою вивчення аромату виробів є визначення вмісту карбонільних сполук. У наших дослідженнях вміст карбонільних сполук визначали за методом Р.Р. Токаревої та В.А. Кретовича. Дослідження показали

(табл. 2), що за умови внесення в тісто досліджуваних добавок вміст карбонільних сполук у м'якушці та скоринці хлібобулочних виробів збільшується. Це пояснюється тим, що ФП Alphamalt VC500 прискорює процес бродіння з виділенням більшої кількості карбонільних сполук. Також збільшення вмісту бісульфітзв'язуючих сполук пояснюється тим, що за рахунок СКП вносяться додатково білкові сполуки. Це сприяє збільшенню вмісту карбоксильних сполук, а також гальмує їх швидке вивільнення з виробів.

Так, у разі застосування КХП «Свіжість +» у виробках збільшується вміст бісульфітзв'язуючих сполук порівняно з контролем у 11,7...42,4 раза, незважаючи на тривалість зберігання. Це, очевидно, можна пояснити збільшенням у тісті з добавками речовин, які беруть участь в утворенні сполук, що формують аромат під час дозрівання тіста і випікання хлібобулочних виробів. Збільшення вмісту карбонільних сполук у батоні з добавками корелює з покращанням забарвлення скоринки й аромату.

У разі внесення поліпшувача не спостерігається змін традиційного смаку. Поверхня хлібобулочних виробів після випікання практично стерильна, але хліб прогрівається всередині до температури 93...98 °С, через що завжди зберігається певна кількість бактеріальних спор і можливе збереження вегетативних клітин, які потрапляють із сировиною та з довкілля [18], тому було доцільно дослідити вплив КХП «Свіжість +» на мікробіологічні показники якості готових виробів. Отримані дані наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Вплив КХП «Свіжість +» на якість готових виробів

Мікробіологічні показники, КУО/г	Батон нарізний (контроль)		Батон нарізний з КХП «Свіжість +»	
	Через 4 год після випікання	Через 72 год після випікання	Через 4 год після випікання	Через 72 год після випікання
КМАФАМ	$1,8 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$
МКБ	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Дріжджі	<100	<100	<100	<100
Плісняві гриби	<100	$0,2 \cdot 10^2$	<100	$1,2 \cdot 10^2$
Спороутворюючі бактерії	$9,4 \cdot 10^2$	$10,0 \cdot 10^2$	$7,6 \cdot 10^2$	$8,1 \cdot 10^2$
Бактерії групи кишкових паличок (колі форми)	Не виявлено			
Гнильні бактерії	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Бак. роду <i>Leuconostoc</i>	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$

З табл. 3 видно, що під час зберігання протягом 72 год кількість КМАФАМ батона нарізного з використанням КХП менша порівняно з контролем, але збільшується кількість пліснявих грибів. Підвищується також (але не перевищує норму) кількість спороутворювальних бактерій. Можна зробити висновок, що за мікробіологічними показниками хліб з використанням КХП «Свіжість +» має менші, порівняно з контролем, показники, що є доказом підвищення стабільності батона нарізного під час зберігання.

Висновки

За результатами проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено комплексний хлібопекарський поліпшувач на основі сухого

картопляного порошку «Свіжість +», який подовжує тривалість зберігання булочних виробів з пшеничного борошна. Дослідженнями встановлено, що у разі застосування КХП «Свіжість +» у кількості 2 % до маси борошна зменшується кришкуватість батона нарізного, збільшується набухання та покращуються реологічні властивості його м'якушки, покращуються мікробіологічні показники, що дозволяє подовжити термін збереження свіжості батона нарізного протягом 72 год.

Література

1. Дробот В.И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности / В.И. Дробот — К.: Урожай, 1988. — 152 с.
2. Горячева А.Ф., Кузьминский В.В. Сохранение свежести хлеба. — М.: Лег. и пищ. промышленность, 1983. — 239 с.
3. Савчук Н.І. Удосконалення технології хліба з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями шляхом використання поліпшувачів: Дис. ...канд. тех. наук: 05.18.01. — К., 2002. — 185 с.
4. Білик О.А. Картопляні продукти у хлібопеченні / О.А. Білик, Е.Ф. Халікова, А.В. Файн // Журнал «Хлібопекарська і кондитерська промисловість України». — № 6. — 2014. — С. 7—9.
5. Технологія та лабораторний практикум кондитерських виробів і харчових концентратів: навч. посіб. / за ред. проф. А.М. Дорохович і проф. В.М. Ковбаси. — К.: Фірма «ІНКОС», 2015. — 632 с.
6. Матвеева И.В. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская. — М.: Телер, 1998. — 99 с.
7. Казанская Л.Н. Поликомпонентные хлебопекарные улучшители с пищевыми эмульгаторами для пшеничного теста / Л.Н. Казанская, Н.Д. Белянина // Хлебопечение России. — 1997. — № 1. — С. 22—23.
8. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного и макаронного производства: учеб. пособ. / В.И. Дробот, Л.Ю. Арсеньева, Е.А. Бильк, В.Ф. Доценко и др. — К.: Центр навч. літ-ри, 2006. — 341 с.
9. Розробка технології макаронних виробів з пектином та пектиновмісною сировиною [Текст]: дис ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Волощук Галина Іванівна; УДУХТ. — К., 2000. — 236 арк.
10. Роль продуктов гидролиза крахмала в хлебопечении / М.М. Петухов // Современная торговля: теория, практика, перспективы развития: материалы Третьей международной инновационной научно-практической конференции, май 2014 г., г. Москва. — М.:Изд-ство Московского гуманитарного университета, 2013. — С. 304—307.
11. Калинина И.В. Исследование качества обогащенных видов хлеба в процессе хранения / И.В. Калинина, Н.В. Науменко, И.В. Фекличева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». — 2015. — Т. 3, № 1. — С. 36—44.
12. Княгиничев М.И. Исследование изменений в хлебе при хранении / М.И. Княгиничев, А.Ф. Горячева, Н.М. Игнашина // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. — 1970. — № 11. — С. 8—9.
13. Лебедеко Т.Е. Перспективы усовершенствования ускоренных технологий хлеба путем использования шиповника и боярышника / Т.Е. Лебедеко, В.О. Кожевникова, Т.П. Новичкова // Технологический аудит и резервы производства. — 2014. — № 3/5 (17). — С. 8—11.
14. Sauvain S.P. Improving the texture of bread / S.P. Sauvain // Texture in Food. — Vol. 2: Solid Foods / D. Kilcast (ed). — Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 2004. — P. 432—450.
15. Стабильность и срок годности. Хлебобулочные и кондитерские изделия / Д. Килкаст, П. Субраманиам (ред. — сост.). — Перев. с англ. под науч. ред. доц. Ю.Г. Базарновой. — СПб.: ИД «Профессия», 2012. — 444 с.
16. Ergun R. Moisture and shelf life in sugar confections / R. Ergun, R. Lietha, R.W. Hartel // Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2010, 50(2). — P. 162—192.
17. Поте М. Аромат хлеба / М. Поте. — М.: Пищ. промышленность, 1978. — 238 с.

18. Грегірчак Н.М. Мікробіологія харчових виробництв. Лабораторний практикум / Н.М. Грегірчак. — К.: НУХТ, 2009. — 302 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ХЛЕБОПЕКАРНОГО УЛУЧШИТЕЛЯ «СВЕЖЕСТЬ +» В ТЕХНОЛОГИИ БУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Е.А. Билык, А.Н. Грищенко, Е.Ф. Халикова, А.И. Маринин
Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены технологические аспекты изготовления сухого картофельного порошка и использования его в производстве комплексного хлебопекарного улучшителя для продления срока хранения булочных изделий. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по созданию комплексного хлебопекарного улучшителя «Свежесть +». Рассмотрены процессы, связанные с черствением, потерей органолептических и физико-химических показателей качества, которые происходят во время хранения булочных изделий. Доказано положительное влияние комплексного хлебопекарного улучшителя «Свежесть +» на качество и увеличение срока сохранения свежести булочных изделий.

Ключевые слова: *хлебопекарная промышленность, комплексный хлебопекарный улучшитель, черствение булочных изделий.*

УДК 641.85

TECHNOLOGY OF DESSERTS OF THE DIRECTED FUNCTIONAL ACTION

V. Korzun

Marzeev Institute of Hygiene and Medical Ecology, Academy of Medical Sciences of Ukraine

I. Antonyuk

Kiev National University of Trade and Economics

Key words:

*Iodine deficit diseases
Luminary
Shrot of the Brazilian nut
Desserts
Iodine
Selenium*

Article history:

Received 15.11.2015
Received in revised form
29.11.2015
Accepted 07.12.2015

Corresponding author:

I. Antonyuk
E-mail:
i.rinkaant@ukr.net

ABSTRACT

The article examines a dessert called Apple Foam of enhanced biological value and a sambuk called Autumn Delight. The original recipes of desserts were used as a pattern. The mineral content was determined using atomic absorption spectrophotometer Techtron-AA-4 (Austria), and iodine content was determined by stripping voltammetry (ABA-3 device). The analysis of basic indexes of chemical composition of Autumn Delight showed that the amount of iodine increased to 200 mcg, which is a full daily demand; and the amount of selenium increased to 50 mcg, that corresponds to 70 % of daily amount. For Apple Foam these indexes were as following: 200 mcg of iodine and 28 mcg of selenium on 100 grammas of a dessert. The developed desserts are the products of functional action. New desserts can be recommended for adults and children in order to prevent thyroid cancer and improve health and well-being of consumers.

ТЕХНОЛОГІЯ ДЕСЕРТІВ СПРЯМОВАНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІЇ

В.Н. Корзун

Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМН України

І.Ю. Антонюк

Київський національний торговельно-економічний університет

У статті досліджено хімічний склад десерту «Яблучна піна» підвищеної біологічної цінності і самбуку «Осіньна насолода». Як контроль використано оригінальну рецептуру десертів. Вміст мінеральних речовин визначено атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Techtron-AA-4 (Австрія), йоду — методом інверсійної вольтамперометрії (прилад АВА-3). Після аналізу основних показників хімічного складу десерту «Осіньна насолода», було з'ясовано, що кількість йоду збільшилась до 200 мкг, що відповідає добовій потребі, а кількість селену — до 50 мкг, що відповідає 70 % добової

потреби. Для десерту «Яблучна піна» ці показники такі: йод — 200 мкг, селен — 28 мкг на 100 г десерту. Розроблені десерти є продукцією функціональної дії. Нові десерти можна рекомендувати до вживання дорослим і дітям з метою профілактики захворювань щитовидної залози, що сприяти покращенню здоров'я й самопочуття споживачів.

Ключові слова: йоддефіцитні захворювання, ламінарія, шрот бразильського горіху, десерти, йод, селен.

Постановка проблеми. Стан харчування є одним із найважливіших факторів, що визначають здоров'я нації. Зміна способу життя, сучасні харчові технології призвели до істотних порушень структури харчування населення, що характеризується дефіцитом низки мікронутрієнтів і харчових волокон. Встановлено, що організм людини для оптимального функціонування повинен щодня отримувати близько 600 речовин (нутрієнтів) [1].

Захворювання щитоподібної залози (ЩЗ) останнім часом привертають значну увагу. Це пов'язано з тим, що саме ЩЗ активно реагує на геохімічний стан довкілля з подальшим виникненням тих чи інших її захворювань. У сучасних умовах несприятливого впливу навколишнього середовища в Україні, на жаль, ефективні заходи світової спільноти в боротьбі з йодним дефіцитом не впроваджені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Йод є одним із незамінних мікроелементів, необхідних для синтезу й обміну гормонів щитовидної залози та нормального росту і розвитку людини. Його брак у раціоні харчування призводить до йоддефіцитних захворювань. В Україні, в середньому, споживання йоду становить 40—80 мкг на добу при рекомендованій нормі 150—200 мкг, тобто в 2—3 рази нижче за фізіологічні потреби, тому випуск функціональних продуктів, збагачених йодом, є дуже актуальним на сьогоднішній день [2, 3, 4].

При цьому слід розуміти, що йод у харчових продуктах повинен знаходитися в такому стані, щоб його вживання для людини було природним, фізіологічно прийнятним. Тобто внесені в продукти компоненти, що містять йод, мають бути натуральними, аналогічними природним.

Сьогодні науковці в усьому світі працюють над створенням харчових продуктів функціонального призначення, при цьому особливий інтерес приділяється продуктам широкого попиту й технологічно не надто затратним [5].

Найбільш цінним джерелом біологічно доступного йоду є морська капуста (ламінарія), в якій до 95 % цього мікроелемента міститься у вигляді органічних сполук із білком. Ця водорість широко використовується для харчування і виробництва лікарських препаратів [6].

Крім йоду, у формуванні гормонів щитовидної залози активну участь бере селен. Дефіцит цього мікроелемента спричинений виснаженням ґрунтів, зниженням доступності його для корневої системи рослин, порушенням структури харчування тощо. Згідно з останніми даними досліджень 2012 р., у 80 % населення нашої країни забезпеченість організму селеном нижча за оптимальну. Це може стати причиною захворювань печінки, інтоксикації, дисбак-

теріозу кишечника, йоддефіцитних захворювань [3, 4]. Своєчасний прийом йоду і селену запобігає розвитку цих захворювань. Якщо хвороба вже розвинулася, то достатнє надходження їх до організму людини призводить до припинення прогресування захворювання у дорослих і його регресу у дітей.

Серед продуктів, які можуть забезпечити організм селеном, крім морських водоростей, слід зазначити бразильські горіхи, які відрізняються найвищим вмістом цього мікроелемента серед усіх продуктів — 1800 мкг на 100 г горіха [7].

Десертні страви користуються великою популярністю як серед дорослих, так й дітей. Створення десертних страв функціонального призначення — це не тільки соціальне, але й наукове завдання, оскільки для розроблення таких страв необхідно змінювати традиційні рецептури й підходи до технологічного процесу.

Метою дослідження є наукове обґрунтування і розроблення технології десертних страв із використанням ламінарії та шроту бразильського горіха, дослідження їх якості.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є технологія десертних страв підвищеної біологічної цінності з використанням ламінарії та шроту бразильського горіха. Предмет дослідження — десерт «Яблучна піна» підвищеної біологічної цінності, самбук «Осілля насолода», ламінарія (ТУ 9284-001-270314388264-04), шрот бразильського горіха (ТУ 9761-001-18961881-06). У процесі дослідження використано такі методи: органолептичні, фізико-хімічні; методи математичної обробки експериментальних даних на основі комп'ютерних технологій; повторність дослідів — п'ятикратна.

Вміст мінеральних речовин визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Techtron-AA-4 (Австрія). Вміст йоду додатково визначали методом інверсійної вольтамперометрії (прилад АВА-3). Дослідження здійснюються за атестованими методиками виконання вимірювань, контроль якості проводиться на основі міжнародних стандартів якості та підтверджується порівняльними міжлабораторними випробуваннями [8].

Виклад основних результатів дослідження. Лікувальні властивості ламінарії пов'язані з наявністю в ній полісахаридів, вітамінів, макро- та мікроелементів, у тому числі органічних сполук йоду. Останні забезпечують функцію щитовидної залози, сприяють асиміляції білка та кращому засвоєнню фосфору, кальцію і заліза, активують низку ферментів. Альгінова кислота, що міститься в ламінарії, за своїми властивостями подібна до пектину з ягід, плодів і овочів, але в 2—3 рази активніша за нього. Альгінова кислота має чудову здатність адсорбувати воду, вагою майже в 300 разів більшу, ніж власна. Солі альгінової кислоти (натрієва, калієва, магнієва, кальцієва) мають унікальні імуностимулюючі властивості та, головне, здатні сорбувати солі важких металів (свинцю, кадмію, ртуті) й виводити їх з організму [9].

Додавання водоростей у рецептури різних страв і виробів дозволяє повніше задовольнити попит на йодовмісні сполуки та низку інших біологічно активних речовин і компенсувати їх нестачу, розширити асортимент харчової продукції.

Завдяки високому вмісту харчових волокон і мінеральних речовин (селену, кальцію, калію, магнію, йоду, фосфору тощо) доцільним є вико-

ристання ламінарії у складі збитих десертів для харчування людей з йоддефіцитом. Крім того, наявність великої кількості селену та високих органолептичних показників шроту бразильського горіха уможливають його використання замість частини фруктових пюре у збитих десертах підвищеної біологічної цінності.

Самбук — це десерт, приготований з фруктових або овочевих пюре, збитих яєчних білків, цукру, желатину, потім охолоджений. Основною складовою гарбузового самбуку є гарбуз. Гарбуз смачний і корисний овоч, який містить велику кількість каротину та інших вітамінів. Клітковину цього овоча легко засвоює навіть ослаблений організм, тому страви з гарбуза рекомендують для лікувального й профілактичного харчування. Гарбуз — відмінний регулятор травлення і завдяки великому вмісту пектину сприяє виведенню холестерину з організму. З органічних кислот у гарбузі міститься переважно яблучна кислота.

Для приготування збитого десерту «Яблучна піна» вирішено замінити частину яблучного пюре та желатину на ламінарію і шрот бразильського горіха. Хімічний склад обраних добавок наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад шроту бразильського горіха, гарбуза і ламінарії, на 100 г

Показник	Шрот бразильського горіха	Ламінарія	Гарбуз
Білки, г	14,3	28	1,0
Жири, г	66,8	2	0,1
Вуглеводи, г	12,3	57	5,4
у тому числі харчові волокна, г	8	5	1,2
Мінеральні речовини, мг			
Калій	695	3000	204,0
Кальцій	160	2250	25,0
Магній	376	735	-
Фосфор	725	43	14,0
Селен	1917	20	-
Йод	0,01	200	0,001
Ферум	0,21	37,5	0,4
Вітаміни			
В ₁ , мкг	620	100	50
В ₂ , мкг	40	500	60
С, мг	7	16,6	800
Е, мг	5,73	0,2	1,5

Враховуючи середні добові норми фізіологічної потреби в йоді (150 мкг) та селені (70 мкг), встановлено доцільність використання ламінарії у кількості від 0,2 до 0,5 % та шроту бразильського горіха у кількості 5—15 % на 100 г десерту «Яблучна піна» для забезпечення необхідної добової кількості селену та йоду. З метою визначення раціональної концентрації дієтичних добавок було проведено дослідження органолептичних показників модельних композицій (табл. 2).

*Таблиця 2. Органолептична оцінка модельних композицій десерту «Яблучна піна» підвищеної біологічної цінності**

Найменування страви	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Смак	Консистенція	Загальна оцінка
Коефіцієнти вагомості	0,15	0,2	0,2	0,3	0,15	1
Контроль	4,9	4,9	5	4,9	4,9	4,92
Яблучна піна (дослід 1)	4,8	4,9	5	4,8	4,8	4,85
Яблучна піна (дослід 2)	4,8	4,7	4,6	4,8	4,7	4,72
Яблучна піна (дослід 3)	4,5	4,5	4,3	4,4	4,5	4,44

*Примітка: контроль — самбук яблучний, дослід 1 — модельна композиція десерту «Яблучна піна» 0,2 % ламінарії та 5 % шроту бразильського горіха; дослід 2 — модельна композиція десерту «Яблучна піна» 0,3 % ламінарії та 10 % шроту бразильського горіха; дослід 3 — модельна композиція десерту «Яблучна піна» 0,5 % ламінарії та 15 % шроту бразильського горіха

На основі органолептичної оцінки, а також вмісту йоду та селену розраховано комплексний показник якості (КПЯ) збитих десертів і визначено раціональну концентрацію добавки, яка становить 0,2 % ламінарії та 5 % шроту бразильського горіха від маси десерту.

У результаті експериментальних проробок із додаванням ламінарії у різних кількостях (дослід 1—0,2 % сухої ламінарії; дослід 2—0,5 % сухої ламінарії; дослід 3—0,7 % сухої ламінарії від готової страви) шляхом проведення органолептичної оцінки та визначення вмісту йоду й селену було встановлено її раціональну концентрацію в гарбузовому самбуку «Осіньна насолода», яка складає 0,2 % сухої ламінарії від маси десерту. Вибір саме такої кількості добавки пояснюється необхідністю встановлення межі її максимального та мінімального використання для збереження всіх органолептичних показників десертів.

З метою оптимізації рецептури десертних страв та збагачення їх йодом і селеном розроблена технологія десертів «Яблучна піна» й «Осіньна насолода» з використанням визначених добавок (рис. 1, 2). Хімічний склад і порівняльний аналіз зразків наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Хімічний склад контрольного і дослідного зразків гарбузового самбуку «Осіньна насолода» з ламінарією

Показники	Контроль	Дослід	Різниця, %	Добова потреба	Задоволення добової потреби (дослід), %	Задоволення добової потреби (контроль), %
Макроелементи, мг						
К (калій)	165,70	180,69	9,1	3000	6,02	5,5
Са (кальцій)	35,65	46,89	31,52	1000	4,69	3,56
Мікроелементи, мг						
Zn (цинк)	2,0	4,0	у 2 рази	17	11,76	23,52
I (йод)	0,001	0,2	у 200 разів	0,2	100	5
Se (селен)	0,001	0,05	у 50 разів	0,07	1,42	71,4
Вітаміни, мг						
B ₁ (тіамін)	0,05	0,07	40	1,7	4,11	2,94
B ₂ (рибофлавін)	0,15	0,16	6,6	2	8,0	7,5
PP	0,37	0,40	8,1	19	2,10	1,95

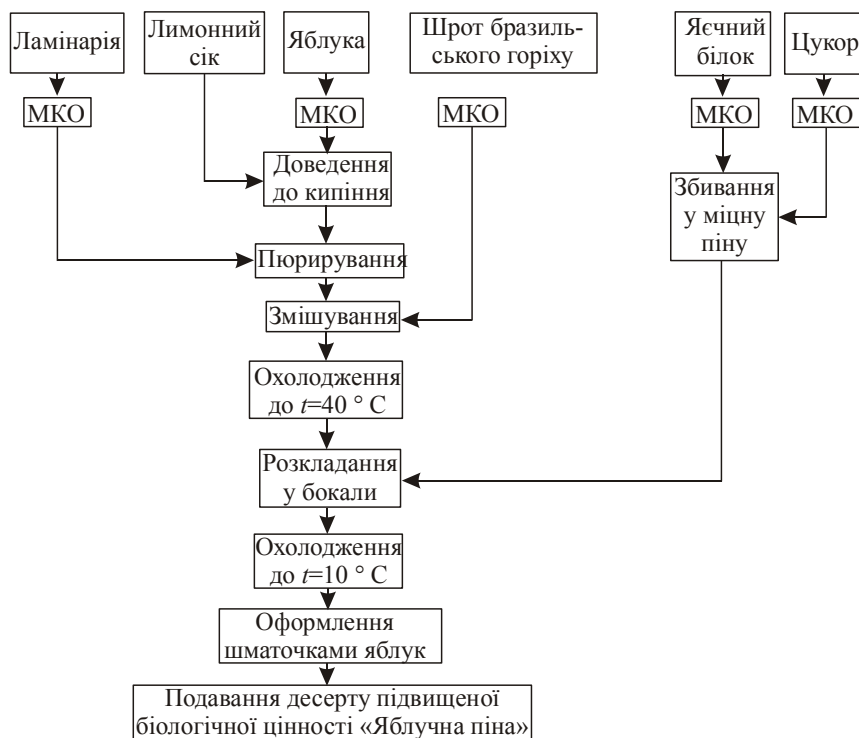


Рис. 1. Технологічна схема виробництва десерту «Яблучна піна» підвищеної біологічної цінності

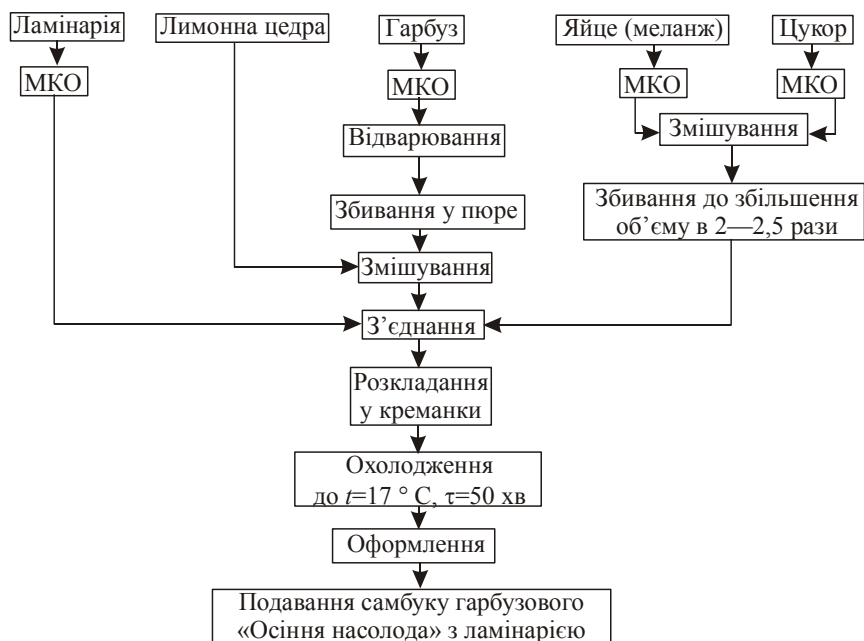


Рис. 2. Технологічна схема виробництва гарбузового самбуку «Осіньна насолода» з ламінарією

Аналіз основних показників хімічного складу десерту «Осіння насолода» підтвердив підвищення цинку — у 2 рази, кальцію — на 31,5 %, йоду — у 200 разів, селену — у 50 разів.

Хімічний склад традиційного яблучного десерту та десерту, розробленого з використанням ламінарії та шроту бразильського горіха, наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Хімічний склад яблучного десерту і десерту «Яблучна піна» підвищеної біологічної цінності, на 100 г

Показник на порцію, г	Самбук яблучний	Яблучна піна	Різниця, %	Добова потреба	Задоволення добової потреби, %	
					Контроль	Дослід
Білки, г	2,22	3,64	64,0	65,00	3,41	5,60
Жири, г	2,00	5,5	У 2,5 рази більше	30,00	6,7	18,3
Вуглеводи, г	12,82	21,21	У 1,65 рази більше	300,00	4,27	7,07
у тому числі харчові волокна	1,96	4,89	149,34	20,00	9,80	24,45
Органічні кислоти, мг	0,56	1,03	83,9	500,00	0,11	0,21
Мінеральні речовини						
К, мг	194,60	470,08	У 2,4 рази більше	2500,00	7,78	18,80
Са, мг	11,20	31,61	У 2,8 рази більше	1250,00	0,90	2,53
Mg, мг	6,30	19,79	У 3 рази більше	400,00	1,58	4,95
P, мг	7,70	13,97	81,36	800,00	0,96	1,75
Se, мкг	2,00	28,00	У 14 разів більше	70,00	2,86	40,00
I, мкг	1,40	200	У 140 разів більше	200,00	0,70	100
Fe, мг	1,40	2,80	У 2 рази більше	15,00	9,33	18,67
Вітаміни, мг						
B ₁	0,07	0,11	57,14	1,7	4,11	6,47
B ₂	0,05	0,10	У 2 рази більше	2,0	2,5	5,0
C	7,00	15,96	У 2,3 рази більше	70,00	10,00	22,80
E	0,20	0,87	У 4 рази більше	7,0	2,86	12,4

Аналіз хімічного складу десерту «Яблучна піна» свідчить, що у дослідному зразку значно збільшився вміст селену — у 14 разів та йоду — у 140 разів, магнію — у 3 рази, кальцію — у 2,8 рази. Це дозволяє зробити висновок про значне покращення мінерального складу десерту.

Контроль забезпечує добову потребу такими нутрієнтами: калій — 7,78; кальцій — 0,9; магній — 1,58; фосфор — 0,96; селен — 2,86; йод — 0,93; харчові волокна — 9,8 %. Дослід забезпечує добову потребу такими нутрієнтами: калій — 18,8; кальцій — 2,53; магній — 4,95; фосфор — 1,75; селен — 40; йод — 100; харчові волокна — 24,44 %.

Висновки

Таким чином, подальший розвиток ресторанного господарства пов'язується з необхідністю використання та впровадження сучасних методів переробки сировини для отримання високоякісних харчових продуктів з метою створення на їх основі продуктів цільового призначення, споживання яких дозволить знизити негативні впливи довкілля на організм людини.

Отже, провівши дослідження та здійснивши порівняльну характеристику якості десертних страв, можна стверджувати, що вони певною мірою будуть сприяти забезпеченню раціону дуже важливими для нашого організму мінеральними речовинами (калій, кальцій, мідь, магній, особливо йод і селен).

Було б доречно ввести розроблені десертні страви в меню закладів ресторанного господарства, їх можна рекомендувати до споживання дорослим і дітям з метою профілактики захворювань щитовидної залози, що б сприяло покращенню здоров'я та самопочуття споживачів.

Література

1. *Общие принципы питания и основные компоненты пищи* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.smed.ru/guides/181>.
2. Корзун В.Н. Проблеми мікроелементів у харчуванні населення України та шляхи їх вирішення / [В.Н. Корзун, І.П.Козярин, А.М. Парац та ін.] // Проблеми харчування. — 2007. — № 1. — С. 5—11.
3. Тутельян В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека / [В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов, В.А. Кудашева]. — М.: Колос, 2002. — 424 с.
4. Погорелов М.В. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): моногр. / [М.В. Погорелов, В.І. Бумейстер, Г.Ф. Ткач та ін.]. — Суми: Вид-во СумДУ, 2010. — 147 с.
5. *Технологія харчових продуктів функціонального призначення*: монографія / за ред. М.І. Пересічного — К.: КНТЕУ, 2012. — 1116 с.
6. Корзун В.Н. Нові джерела есенційних мікроелементів у харчуванні: зб. наук. пр. ДонДУЕТ / В.Н. Корзун, І.Ю. Антонюк, С.М. Пересічна. — Донецьк, 2005. — С. 63—65.
7. *Полезные свойства бразильского ореха* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://77.221.138.250.addr.datapoint.ru/a/housing/cookery/brazil-nut.html>.
8. Tomcik P. Voltammetric determination of iodide by use of an investigated microelectrode array. / Tomcik P., Bustin D. // Fresenius J. Anal. Chem. — 2001. — V. 371. — P. 362—364.
9. Корзун В.Н. Радиация. Защита населения / В.Н. Корзун, С.И. Недоуров. — Київ «Наукова думка», 1995. — 115 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ДЕСЕРТОВ НАПРАВЛЕННОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

В.Н. Корзун

Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины

И.Ю. Антонюк

Киевский национальный торгово-экономический университет

В статье исследован химический состав десерта «Яблочная пена» повышенной биологической ценности и самбука «Осеннее наслаждение». Для контроля использована оригинальная рецептура десертов. Содержание минеральных веществ определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Techtron-AA-4 (Австрия), йода – методом инверсионной вольтамперометрии (прибор АВА-3). Анализируя основные показатели химического состава десерта «Осеннее наслаждение», можно утверждать, что количество йода увеличилось до 200 мкг, что соответствует суточной норме, количество селена — до 50 мкг, что соответствует 70 % суточной потребности. Для

десерта «Яблочная пена» эти показатели следующие: йод — 200 мкг, селен — 28 мкг на 100 г десерта. Разработанные десерты являются продукцией функционального действия. Новые десерты можно рекомендовать к употреблению взрослым и детям с целью профилактики заболеваний щитовидной железы, что будет способствовать улучшению здоровья и самочувствия потребителей.

Ключевые слова: йоддефицитные заболевания, ламинария, шрот бразильского ореха, десерты, йод, селен.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці Національного університету харчових технологій» запрошує вас до публікації наукових праць.

До друку приймаються рукописи, які раніше не були опубліковані в друкованих та електронних виданнях. Автор, який подає матеріали до друку, зберігає за собою всі авторські права та надає відповідному виданню право першої публікації, дозволяючи розповсюджувати даний матеріал із зазначенням авторства й джерела первинної публікації, а також погоджується на розміщення її електронної версії на сайті Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського та у відкритому доступі в електронній мережі університету і на сайті журналу <http://journal.nuft.edu.ua>. Автор надає редакційній колегії на рецензування та відхилення поданих для опублікування матеріалів. В одному номері може бути опублікована лише одна стаття автора (як власна, так і в співавторстві).

У редакційно-видавничий відділ необхідно представити:

- файл статті;
- рецензію доктора наук певної галузі (за тематичною спрямованістю статті). Якщо один із авторів статті є доктором наук, то рецензія необов'язкова;
- роздруковку тексту статті, що відповідає наданому файлу;
- заяву з підписами автора(-ів) про те, що надіслана стаття раніше не друкувалася і не подана до будь-яких інших видань.
- витяг з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті подаються у вигляді вчитаних роздруковок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word версії 2003 чи нижчій) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. Обсяг статті має бути не менший 12 тис. знаків і не перевищувати 24 тис. знаків (як виняток, не більше 40 тис. знаків).

ПОСЛІДОВНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАТТІ

1. Індекс УДК.
2. Назва статті (англійською, українською та російською мовами).
3. Ініціали та прізвища авторів англійською, українською та російською мовами (не більше чотирьох авторів).
4. Анотація англійською, українською та російською мовами (не менше 650 символів з пробілами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати й рекомендації щодо їх застосування.
5. Ключові слова (5—6 слів/ключових словосполучень англійською, українською та російською мовами).
6. Структура текстової частини:
 - постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;
 - аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор;
 - постановка завдання (формулювання мети статті);
 - викладення основного матеріалу;
 - висновки і перспективи подальших наукових досліджень.
7. Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (не менше п'яти джерел, не більше дванадцяти). Бібліографічні описи оформляються згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1-2003)». У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на наукові праці останніх років.