

ISSN 2073 – 8730

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ

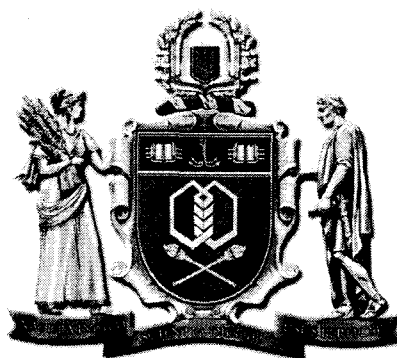
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ODESSA NATIONAL ACADEMY OF FOOD TECHNOLOGIES

НАУКОВІ ПРАЦІ
SCIENTIFIC WORKS

ТОМ 80
ВИПУСК 2

VOLUME 80
ISSUE 2



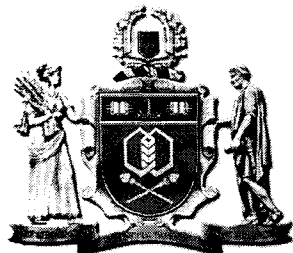
ОДЕСА

2016

ББК 36.81 + 36.82
УДК 663 / 664

Міністерство освіти і науки України

НАУКОВІ ПРАЦІ



Том 80, Випуск 2

Засновник:
Одеська національна
академія харчових
технологій

Засновано в Одесі
у 1937 р.
Відновлено з 1994 р.

Наукові праці внесено до Переліку наукових фахових видань України наказом Міністерства освіти і науки України 09.03.2016 р. № 241 (технічні науки)

Головний редактор
Заступник головного редактора
Відповідальні редактори

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, проф.
Капрельяні Л.В., д-р техн. наук, проф.
Станкевич Г.М., д-р техн. наук, проф.
Бурдо О.Г., д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія:

Амбарцумян Р.В., д-р техн. наук, проф.
Безусов А.Т., д-р техн. наук, проф.
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, проф.
Гапонюк О.І., д-р техн. наук, проф.
Жигунов Д.О., д-р техн. наук, доцент
Юргачева К.Г., д-р техн. наук, проф.
Коваленко О.О., д-р техн. наук, ст. наук. співр.
Крусір Г.В., д-р техн. наук, проф.
Мардар М.Р., д-р техн. наук, проф.
Мілованов В.І., д-р техн. наук, проф.
Осипова Л.А., д-р техн. наук, доцент
Павлов О.І., д-р екон. наук, проф.
Плотніков В.М., д-р техн. наук, доцент
Савенко І.І., д-р екон. наук, проф.
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, проф.
Ткаченко Н.А., д-р техн. наук, проф.
Ткаченко О.Б., д-р техн. наук, доцент
Хобін В.А., д-р техн. наук, проф.
Хмельнюк М.Г., к.т.н., доцент
Станкевич Г.М., д-р техн. наук, проф.
Черно Н.К., д-р техн. наук, проф.

Технічні редактори

Агунова Л.В.
Ружицька Н.В.

Реєстраційне свідоцтво
КВ №12577-1461 ПР
від 16.05.2007 р. Видано Міністерством
юстиції України.

Усі права захищені.
Передрук і переклади дозволяються лише зі
згоди автора та редакції.

Рекомендовано до друку та розповсюдження
в мережі Internet Вченою радою Одеської
національної академії харчових технологій,
протокол № 9 від 22.12.2016 р.

Мова видання:
українська, російська, англійська

**За достовірність інформації
відповідає автор публікації**

**Матеріали друкуються мовою оригінала.
Передрукування матеріалів журналу
дозволяється лише за згодою редакції.
Ліцензія CC-BY.**

До уваги авторів. З 01.01.2016 було змінено нумерацію випусків журналу «Наукові праці». Номер тому відповідає року з моменту заснування журналу, номер випуску – випуску журналу в поточному році.

Одеська національна академія харчових технологій

Наукові праці – Одеса, Одеська національна академія харчових технологій: 2016. – Том 80, Вип. 2. – 126 с.

Адреса редакції:

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, e-mail:
terma_onaft@rambler.ru
garka.nataga@yandex.ua
np_onaht@ukr.net

© Одеська національна академія харчових
технологій, 2016 р.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

УДК 340.134(477+4)(083.7)

**МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ,
АДАПТОВАНОЇ ДО ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА
METHODOLOGY OF DEVELOPMENT OF NORMATIVE DOCUMENTS
ADAPTED TO THE EUROPEAN LEGISLATION**

Верхівкер Я. Г., д-р техн. наук, професор, Мирошніченко О. М., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Verhivker Y. I., Miroshnichenko E. M.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Протягом довгого часу процес розробки продуктів був мало пов'язаний з дослідницькою та інженерною діяльністю підприємств. У зв'язку із розвитком розробки нових і спеціалізованих продуктів, з'явилася гостра необхідність у продуктовому розмаїтті, створенні можливості вибору на полицях і зниженні собівартості, реалізації принципів здорового харчування. В даний час соціальні та технологічні зміни, розвиток інформаційних технологій у розвинутих країнах і економічний ріст у ряді країн, що розвиваються, примушують харчову промисловість до прискореного розвитку.

Входження України у Всесвітню торговельну організацію та європейський вектор політичного розвитку нашої країни ставить перед виробниками харчової, у тому числі і консервної промисловості, завдання щодо розробки ідентичних вимог до структури технологічної нормативної документації.

Для розробки узагальненого підходу до реалізації поставленої в дослідженні мети необхідно проаналізувати основні структурні відмінності вітчизняної та європейської нормативно-технологічної документації на прикладі конкретних діючих ідентичних документів на однакову кінцеву продукцію і створити проект нового документа, що враховує переваги обох підходів.

For a long period the product development process had little to do with research and engineering activity of enterprises. Developing of new specialist foods was caused by urgent need for broader product offering, creating a range of goods and cost reduction, realization of healthy eating principles. Currently, social and technological changes, development of information technologies in the advanced countries and economic growth in several developing countries boost food industry.

Accession of Ukraine to the World Trade Organization and the European vector for political development of our country gives task for food and canning industry producers on elaboration of identical requirements to the structure of standard process documentation.

Developing of generalized approach for achieving desired goal requires analysis of basic structural differences between national and European standard process documentation in terms of specific applicable documents regarding the same final product and creation of a new draft document that takes into account benefits of both approaches.

Ключові слова: Всесвітня торговельна організація, структура технологічної нормативної документації.

Key words: World Trade Organization, the structure of technological normative documents.

Підвищення якості харчової продукції є найважливішим і ефективним засобом забезпечення здоров'я населення країни. Розробка нового асортименту продуктів та технологій їх виробництва становить найбільш значущу частину діяльності промисловості. Це стає все більш актуальним в сучасних умовах інтенсивного розвитку харчової промисловості.

Протягом довгого часу процес розробки асортименту продуктів був мало пов'язаний із дослідницькою та інженерною діяльністю підприємств. Серйозним стимулом до розвитку розробки нових і спеціалізованих видів продуктів стала гостра необхідність у продуктовому розмаїтті, створення можливості вибору на полицях і зниження собівартості продукції, реалізація принципів здорового харчування. В наш час соціальні та технологічні зміни, розвиток інформаційних технологій у розвинутих країнах і економічний ріст у деяких країнах, що розвиваються, примушують харчову промисловість до прискореного розвитку.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Входження України у Всесвітню торговельну організацію (ВТО) та європейський вектор політичного розвитку нашої країни ставить перед виробниками харчової, у тому числі і консервної промисловості завдання про розробку ідентичних вимог до структури технологічної нормативної документації.

Для розробки узагальненого підходу до реалізації поставленої в дослідженні мети необхідно проаналізувати основні структурні відмінності вітчизняної та європейської нормативно—технологічної документації на прикладі конкретних діючих ідентичних документів на однакову кінцеву продукцію і створити проект нового документа, що враховує переваги обох підходів.

Так як основним вітчизняним нормативним технологічним документом на виробництво готової продукції, в тому числі і в харчовій промисловості є технічні умови (ТУ), то наведемо основні вимоги до їх побудови.

Технічні умови містять такі структурні елементи:

- титульний лист;
- основну частину;
- обов'язкові, рекомендовані та довідкові додатки (за необхідності);
- аркуш реєстрації змін.

Основна частина ТУ включає наступні розділи:

- 1) область застосування;
- 2) вимоги до якості і безпеки;
- 3) маркування;
- 4) пакування;
- 5) правила приймання;
- 6) методи контролювання;
- 7) правила транспортування та зберігання.

Необхідність регламентації правил вживання (використання) харчового продукту в ТУ визначає розробник. У цьому випадку в ТУ може бути включений додатковий розділ «Правила застосування», який розміщують після розділу «Правила транспортування та зберігання».

Технічні умови можуть бути доповнені обов'язковими, рекомендованими і довідковими додатками. При цьому додатки розміщують безпосередньо після основної частини в порядку посилань на них у тексті ТУ.

Довідкові та рекомендовані додатки розміщують після обов'язкових додатків, а при їх відсутності — після основної частини в порядку посилань на них у тексті ТУ. Останнім розміщують довідковий додаток, що містить перелік посилань. На цей додаток посилання в тексті ТУ не наводять.

Крім ТУ не менш важливим нормативним документом є Технологічна інструкція (ТІ).

Виготовлення продуктів (готової продукції) здійснюють відповідно до ТІ, яка містить вимоги до технології виробництва, починаючи від вхідного контролю до завершення приймального контролю готової продукції. Оновлення ТІ, включаючи внесення змін або перегляд, що може бути обумовлено змінами вимогами до якості і безпеки продукту згідно з законами України, нормативними і технічними документами, а також вдосконаленням технологічного процесу, здійснює підприємство (організація) — власник першотвору (оригіналу) ТІ.

Відміну ТІ здійснює підприємство (організація) — власник першотвору за своїм рішенням або на основі вимог органів державного контролю та нагляду. З метою підготовки виробництва продуктів необхідної якості та безпеки виробник розробляє план підготовки виробництва (ППВ), що передбачає забезпечення виробництва сировинними, енергетичними та іншими ресурсами, технологічним обладнанням, засобами контролю якості, засобами пакування і маркування, транспортування і зберігання.

Вимоги до змісту, викладу та оформлення технологічних інструкцій.

Технологічна інструкція містить наступні структурні елементи:

- титульна сторінка;
- основна частина;
- додатки (за необхідності);
- лист реєстрації змін.

Основна частина ТІ включає наступні розділи:

- 1) область застосування;
- 2) вимоги до сировини;
- 3) технологія виробництва;
- 4) виробничий контроль;
- 5) транспортування і зберігання;
- 6) санітарна обробка обладнання, інвентарю та тари.

Технологічні інструкції можуть бути доповнені обов'язковими рекомендованими та довідковими додатками.

Діючі в Україні вимоги на основну нормативну технологічну документацію є дуже зарегульованими, тому що регламентують найдрібніші моменти викладання тексту документів.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВІСТІ

Структура Технічних умов не залежить від типу готової продукції та до їх складу входять такі розділи, які не є важливими для конкретних видів, наприклад харчових продуктів.

Найбільш важливі параметри та характеристики харчових продуктів як їх безпечність при споживанні людиною хоча і викладається у окремому підрозділі документації, але не включає в себе такі найбільш важливі показники, як, наприклад, кількість важких металів у готовій продукції.

Європейська нормативна технологічна документація, як правило, представлена у вигляді Директив Ради Європейського Співтовариства (ЄС), у яких наведено основні параметри до конкретної готової продукції та до умов її виготовлення. Таким чином Директиви Ради ЄС не зарегульовані і дозволяють виробнику тієї або іншої продукції чітко розуміти технологію її виробництва та яким параметрам вона повинна відповідати.

У зв'язку з цим, підхід, який впроваджений в ЄС, ґрунтується на оцінюванні, контролі і зниженні ризиків. У рамках цього підходу уряд і промисловість спільно відповідають за виявлення чинників, які несуть небезпеку для харчової продукції, і пов'язаних з ними ризиків за принципом «від ферми до виделки». Оператори ринку харчової продукції відповідають за розробку і впровадження практики, яка сприяє відвертання, мінімізації чи усуненню таких небезпечних чинників (ХАССП), а державні органи відповідають за моніторинг і перевірку ефективності заходів управління ХАССП (англ. — HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Point) — це науково обґрунтована система, що дозволяє виявляти, оцінювати і контролювати небезпечні чинники, які значимі для безпеки харчової продукції. ХАССП є інструментом оцінки небезпечних чинників і створення системи контролю, яка фокусується на превентивних заходах, а не на випробуванні кінцевого продукту. ХАССП ґрунтується на семи принципах: 1) виявлення будь-яких небезпечних чинників, які можна відвернути, усунути або знизити до прийняттого рівня (аналіз небезпечних чинників); 2) визначення критичних точок контролю (КТК) на етапі (етапах) виробництва, де контроль є важливим для відвертання, усунення або зниження загрози до прийняттого рівня; 3) визначення критичних меж в КТК, які допомагають відокремити прийняття від неприйнятного з метою відвертання, усунення або мінімізації виявлених небезпечних чинників; 4) визначення і впровадження ефективних процедур моніторингу в КТК; 5) визначення дій, що коригують, для випадків, коли моніторинг вказує на втрату контролю над КТК; 6) встановлення процедур для регулярного виконання з метою контролю за тим, щоби заходи, представлені в пунктах 1—5, працювали ефективно; 7) ведення документації і записів, що відповідають масштабу і характеру продовольчого підприємства, для демонстрації ефективного застосування заходів, вказаних в пунктах 1—6.

Таким чином, згідно із прийнятим в ЄС підходом, який ґрунтується на оцінці ризиків, характеристики якості продукту, такі як розмір, колір, запах і смак, зазвичай не є частиною системи продовольчого контролю. Навпаки, рішення про те наскільки вони прийнятні, приймає безпосередньо ринок.

Європейський підхід у створенні нормативної і технологічної документації докорінно відрізняється від вітчизняного в тому, що, на відміну від вітчизняного законодавства, у якому в центрі уваги виявляється відповідність кінцевої продукції технічним вимогам або стандартам, у законодавстві ЄС основу складають превентивні заходи та мінімізація ризиків, пов'язаних із кожним процесом впродовж усього продовольчого ланцюгу.

Ці відмінності мають велике значення для утримання і організації нормативно-правових актів, моніторингу і контролювання, інспектування, випробовування, маркування харчових продуктів і розподілу відповідальності між державними органами, промисловістю і споживачами готової продукції для забезпечення безпеки харчових продуктів.

На підставі наведеної різниці між вітчизняним та європейським підходом до створення нормативної та технічної документації стосовно виробництва продуктів харчування, була зроблена спроба об'єднати всі переваги обох підходів та усунути, за можливості, найбільш різкі недоліки.

Для того, щоб спростити цю першу спробу об'єднання принципово різних за ідеологією підходів, було вибрано два нормативних документа, які діють на ідентичну продукцію, але один складено за правилами Українського законодавства, а інший — за правилами ЄС.

Цими документами є:

- 1) ТУ У 15.3-01550872-001:2005 «Соки фруктові, овочеві та соковмісні продукти» від 21.06.2006;
- 2) Зміна №1 до ТУ У 15.3-01550872-001:2005 «Соки фруктові, овочеві та соковмісні продукти»;
- 3) Директива Ради 2001/112/ЄС від 20.12.2001 «Щодо фруктових соків та деяких подібних продуктів, призначених для споживання людьми»;
- 4) Richtlinie 2009/106/EG Der Commission von 12.08.2009 zur Anderung der Richtlinie 2001/112/EG des Rates uber Fruchtsafte und bestimmte gleichartige Ereignisse fur die menschliche Ernahrung.

Об'єднане викладення нормативно—технологічного документу, враховує всі переваги кожного з підходів:

- 1) вітчизняний та європейський підхід до складання нормативної технологічної документації суттєво відрізняються один від одного;

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

2) поєднання обох підходів при розробці нормативного технологічного документу можливе, але потребує уважного розглядання вимог кожного пункту документа для усунення повторів та надання тексту документа чіткої структури і можливості вироблення якісної кінцевої продукції;

3) для реалізації ідеї компіляційного підходу при створенні нормативної документації слід використовувати існуючі вітчизняні та європейські документи на аналогічні види готової продукції, а при їх відсутності за основу повинні бути використані базові документи із стандартизації — ДСТУ 1.5: 2003 Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів та ДСТУ ISO/IEC Guide 59:2000 Кодекс усталених правил стандартизації.

Література

1. Національна стандартизація. Основні положення [Текст]: ДСТУ 1.0:2003. — [Чинний від 2003-07-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2003. — 18 с. — (Національні стандарти України).
2. Національна стандартизація. Правила розроблення національних нормативних документів [Текст]: ДСТУ 1.2:2003. — [Чинний від 2003-07-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2003. — 12 с. — (Національні стандарти України).
3. Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів [Текст]: ДСТУ 1.5:2003. — [Чинний від 2003-07-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2003. — 15 с. — (Національні стандарти України).
4. Кодекс усталених правил стандартизації [Текст]: ДСТУ ISO/IEC Guide 59:2000. — [Чинний від 2001-07-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2000. — 24 с. — (Національні стандарти України).

References

1. Nacional'na standartyzacija. Osnovni polozhennja (2003).: DSTU 1.0:2003. Kiev: Derzhspozhyvstandart Ukraini, 18.
2. Natsional'na standartyzatsiya. Pravyla rozroblennja natsional'nykh normatyvnykh dokumentiv (2003).: DSTU 1.2:2003. Kiev: Derzhspozhyvstandart Ukraini, 12.
3. Natsional'na standartyzatsiya. Pravyla pobudovy, vykladannya, oformlennja ta vymohy do zmistu normatyvnykh dokumentiv (2003).: DSTU 1.5:2003. Kiev: Derzhspozhyvstandart Ukraini, 15.
4. Kodeks ustalenykh pravyl standartyzatsiyi (2000).: DSTU ISO/IEC Guide 59:2000. Kiev: Derzhspozhyvstandart Ukraini, 24.

УДК 001.82:[664.856 – 021.4]

ЖЕЛЕ ІЗ СОКУ КОРИННЯ СЕЛЕРИ JELLY FROM THE JUICE OF CELERY ROOT

Голінська Я. А., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

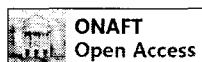
Golinska Ya. A.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



На ринку України не представлена десертна продукція, виготовлена на основі коріння селери. У статті викладені основні перспективи використання нетрадиційної сировини — соку коренеплоду селери для приготування желе, обґрунтовано вибір інших складових компонентів готового продукту. Основні вимоги, які висуваються до рідкої основи — це виражений смак і аромат, прозорість, відсутність зважених часток, що зумовлюють каламутність продукту. У процесі досліджень було розроблено технологію желе (в асортименті) та підібрано оптимальне співвідношення основних компонентів рецептурного складу. В якості агенту, який желеює обрано агар-агар, який не потребує особливих умов для драгелетворення, не має запаху та смаку, дозволяє отримати продукт стійкої структури і додатково збагатити його мінеральними солями, полісахаридами та піровиноградною кислотою. У зв'язку з тим, що за основу виробництва желе обрали сік із коріння се-

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВІСТІ

лери, необхідно було визначити спосіб подрібнення цієї твердої сировини з метою вилучення якомога більшої кількості соку. Для цього використовували селективну дробарку Гладушняка, яка дозволила отримати тонко-подрібнену масу, з якої вилучали сік за допомогою шнекової соковижималки. Досліджено фізико-хімічні та мікробіологічні властивості готового продукту. Проведена експертна оцінка желе за органолептичними показниками та побудовані профілограми якості трьох зразків продукту. Встановлено, що розроблені продукти мають належні фізико-хімічні показники та безпечні з мікробіологічної точки зору. Результати дегустаційної оцінки експериментальних зразків підтвердили високу якість продуктів, що свідчить про те, що желе за розробленою технологією буде користуватися попитом у закладах ресторанного господарства.

Dessert products, made of celeriac, are not represented at the Ukrainian market. In the article, it is stated about the main prospects of the usage of nontraditional material — celeriac juice for making jelly, it is explained about the selection of other components of the finished product. The main requirements that apply to liquid foundation are a distinct taste and aroma, transparency, absence of suspended particles that cause product turbidity. In the course of investigations, a jelly technology (in stock) was developed and a favorable ratio of the main components of recipe was selected. An agar-agar was chosen as a gelling agent, as it does not require special conditions for jellying, it has no smell and taste, it helps obtain a product of a stable structure and additionally enrich it with mineral salts, polysaccharides and pyruvic acid. As the celeriac juice was chosen as a basis for the jelly production, it was necessary to determine the method of crushing this solid material to obtain as much juice as possible. For this purpose, Hladushniak selective crusher was used, which allowed to obtain a refined mass, from which the juice was extracted by means of an auger-type juice squeezer. Physical and chemical and microbiological characteristics of the finished product were investigated. An expert estimation of the jelly according to organoleptic parameters was conducted and quality profilograms of three samples of the product were made. It was established that developed jellies have appropriate physical and chemical characteristics and are safe from the microbiological point of view. The results of tasting assessment of the experimental samples confirmed the products high quality, indicating that the jelly, according to the developed technology, will be in demand with the restaurant business establishments.

Ключові слова: желе, агар-агар, органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники.

Key words: jelly, agar-agar, organoleptic, physical, chemical and microbiological parameters.

Постановка проблеми. На сьогодні перед харчовою промисловістю стоїть цілий ряд найважливіших завдань, серед яких створення солодких десертних страв підвищеної біологічної цінності, у тому числі на основі нетрадиційної для даної групи продуктів харчування сировини. Такою сировиною є коріння селери.

У зв'язку з цим актуальними є розробка рецептури і технології желе, здатного покрити дефіцит незамінних харчових речовин у раціоні людини.

Як показав аналіз літературних джерел та проведені дослідження, коренеплід селери є цінною сировиною з погляду дієтичного харчування людини. Цей коренеплід споживається населенням, в основному, для приготування перших страв і салатів, зелена його частина — для соків та напоїв.

Коріння селери сприятливо діє на обмін речовин в організмі, завдяки високому вмісту в рослині β-каротину, вітамінів групи B, C, E, K, PP, фолієвої кислоти, цукрів, пектинових речовин, мінеральних солей заліза, кальцію, фосфору, магнію, цінних амінокислот, органічних кислот, мікроелементів [1].

Наявність β-каротину в поєднанні з вітаміном C, харчовими волокнами і калієм, надає коренеплоду селери здатності попереджати новоутворення в організмі.

Ефірна олія, що міститься у цій сировині, здатна стимулювати секрецію шлункового соку, у її складі містяться: лимонен — 70...80 %, L-селинен — 12...13 %, суміш спиртів і ефірів — 5 %, седанова і пальметинова кислоти, а також сліди фенолів [2].

Коріння селери містить достатню кількість найбільш важливих мінеральних речовин, які входять до складу структурних компонентів клітини, виконують ряд найважливіших життєвих функцій, є активною частиною ферментів, вітамінів та інших біологічних речовин, забезпечують побудову опорних тканин скелету (Ca, P, Mg), підтримання необхідного осмотичного середовища клітин крові, в яких протікають всі обмінні процеси (Na, K), утворення травних соків (Cl), переносять кисень в організмі (Fe) [3].

Отже, коріння селери є цінною нетрадиційною сировиною для виробництва желе, тому задачею було розроблення технології переробки коренеплоду для отримання даного десерту.

Достатньо висока активність оксидоредуктаз у свіжому корінні селери: пероксидаза — 3,596 од/г, поліфенолоксидаза — 2,231 од/г, аскорбатоксидаза — 0,504 од/г [4], не дозволяє отримати продукт з добрими органолептичними якостями та біологічною цінністю. Відома руйнівна дія даних ферментів за рахунок окиснення ними біологічно активних речовин, зокрема аскорбінової кислоти, фенольних сполук та ін. Найбільш розповсюджені такі способи інактивації окислювально-відновних ферментів у рослинній сировині як бланшування водою та гострою парою. Тривалість таких видів обробки залежить від ступеню подрібнення сировини і призво-

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

дить до втрат корисних біологічно активних речовин. Тому, слід було обрати такий спосіб інактивації окислювальних ферментів, який би сприяв збереженню цінних компонентів у готовому продукті — желе.

Також було необхідно обрати спосіб подрібнення сировини з метою вилучення якомога більшої кількості соку, і на його основі приготувати желе з додаванням різноманітних інгредієнтів для надання оригінальних органолептичних властивостей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За класифікацією десертів желе — продукт, отриманий шляхом варіння освітлених або неосвітлених соків, пюре або концентрованих соків, збагачених властивими даному виду сировини ароматичними речовинами або без них, з цукром і натуральними цукрозамінниками, з додаванням речовин, що желують, харчових кислот і барвників або без них [5].

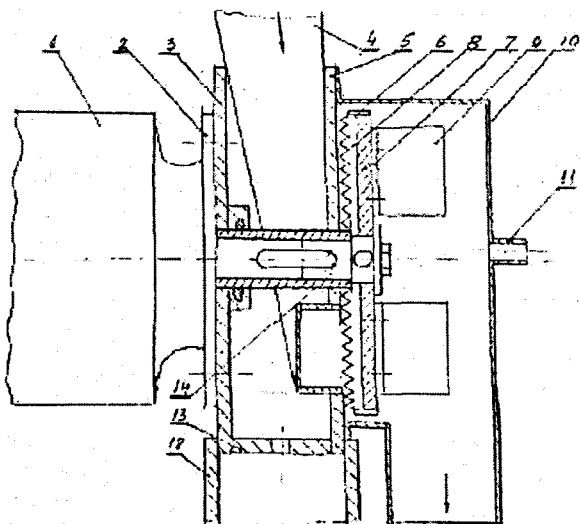
Встановлено, що масова частка розчинних сухих речовин в соках для желе повинна бути не менш 8 %, титрована кислотність не повинна перевищувати 0,5 % (у перерахунку на лимонну кислоту). Важливість цих показників визначається тим, що розчинні сухі речовини соків визначають поряд з іншими рецептурними компонентами структурно—механічні властивості отриманих желе, і зменшення або збільшення цих показників призводить до формування желе з різними характеристиками, здатними впливати на якість продукції [6].

Для виробництва десертних страв желеподібної консистенції в якості структуроутворювачів найчастіше використовують желатин, пектин, агар-агар. Останній з них володіє високою здатністю до гідратації і не потребує кислот, необхідних для утворення гелю [7].

Мета дослідження. Розробка технології желе з коріння селери та визначення його органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників.

Викладення основного матеріалу дослідження. Як було зазначено вище, важливою є інактивація окислювально-відновних ферментів на початкових стадіях переробки коріння селери у готову продукцію. У результаті досліджень було встановлено, що оптимальною є обробка попередньо нарізаної сировини НВЧ—струменем за режимом 650 Вт, тривалість обробки 1...2 хвилини [4]. Такий спосіб дозволив уникнути потемніння сировини внаслідок окислювальних процесів.

З метою вилучення соку використано селективну дробарку Гладушняка (рис. 1), яка дозволила отримати тонкоподрібнену масу [8].



- 1 — електродвигун-рушій; 2 — фланець двигуна; 3 — корпус;
4 — бункер-завиток; 5 — проміжний диск; 6 — лопатки диску дробарки; 7 — зубчасті ножі; 8 — диск; 9 — лопатки-вивантажувачі; 10 — збірник рослинної пульпи;
11 — патрубок для подачі пари; 12 — станина; 13 — перемичка дисків; 14 — вал, що розташований горизонтально

Рис. 1 — Загальний вигляд селективної дробарки

Технологічна схема желе «Пікантного» на основі коріння селери із додаванням соку буряку представлена на рис. 2.

Дроблення очищених та оброблених НВЧ-струменем коренеплодів селери відбувалося наступним чином: сировина безперервно подавалася у бункер-завитушку 4, через отвір в проміжному диску 5 і потрапляла на зубчасті ножі 7 диску 8, де проходило дроблення. Тонке подрібнення коренеплодів забезпечувалося малою відстанню зубців ножів 7 диску 8 дробарки від проміжного диску 5. Відцентровою силою подрібнена маса рухалася до периферії диску 8 та лопатками 6 диску 8 вивантажувалася до збірника 10, звідки за допомогою лопаток-вивантажувачів 9, які прикріплені до диску 8, виводилася з дробарки.

З отриманої мезги вилучали сік за допомогою шнекового пресу.

Ґрунтуючись на проведених дослідженнях було розроблено технологію трьох видів нових продуктів на основі соку коріння селери:

- желе «Пікантне» з соком буряку (зразок 1);
- желе «Оригінальне» з соком моркви (зразок 2);
- желе «Особливе» з соком лимона (зразок 3).

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

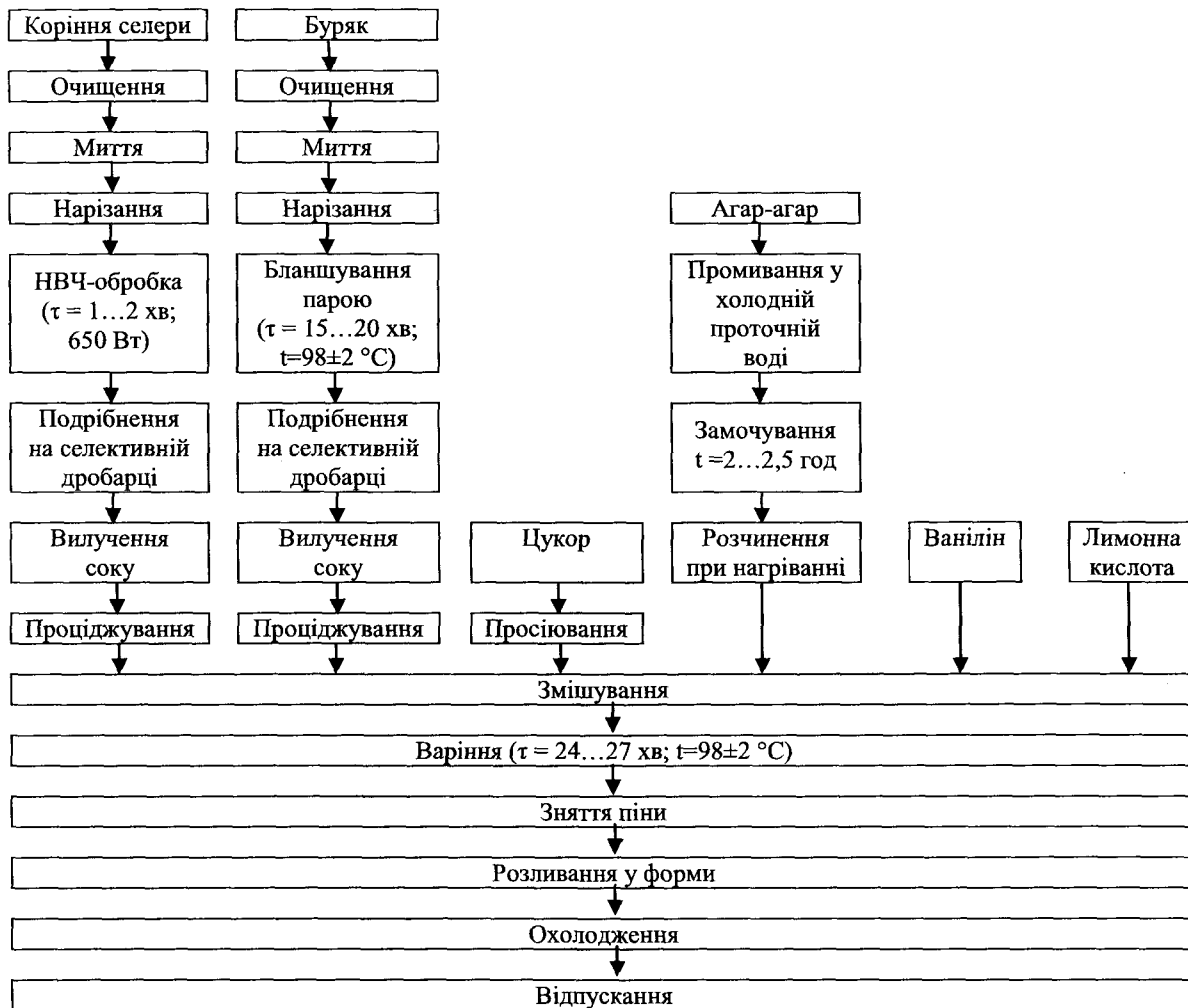


Рис. 2 — Технологічна схема приготування желе «Пікантне» на основі соку селери

В якості агенту, що желеє обрано агар-агар, який отримують із бурих та червоних водоростей. Даний компонент не потребує особливих умов для драглеутворення, не має запаху та смаку. Застосування агар-агару дозволило отримати продукт зі стійкою структурою.

Аналогічна схема запропонована для виробництва желе «Оригінальне» та «Особливе».

З точки зору якості готового продукту дуже важливо, щоби рецептурні інгредієнти знаходились у певному співвідношенні, що, в свою чергу, істотно впливає на органолептичні показники і термін зберігання. Рецептури десертних страв наведені у табл. 1.

Таблиця 1 — Рецептури овочевого желе, мас. %

Назва компоненту	Назва желе		
	«Пікантне»	«Оригінальне»	«Особливе»
Сік коренеплоду селери	49	45	55
Сік моркви	—	20	—
Сік буряку	16	—	—
Сік лимону	—	—	5
Агар-агар	0,25	0,25	0,27
Цукор	34,71	34,72	39,72
Лимонна кислота	0,03	0,03	0,02
Ванілін	0,01	—	—

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Концентрації розчину лимонної кислоти та цукру встановлювали експериментальним шляхом. У готових продуктах визначали фізико—хімічні, органолептичні та мікробіологічні показники.

Дослідження органолептичних та фізико—хімічних характеристик желе здійснювали за стандартними методиками [9].

Якість отриманих зразків желе оцінювали за фізико—хімічними показниками (табл. 2).

Таблиця 2 — Фізико—хімічні показники желе

Найменування показника	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Масова частка розчинних сухих речовин, %	79,2	78,7	77,3
Масова частка загальних цукрів, %	31,8	30,4	29,2
Активна кислотність, од. рН	4,1	4,3	4,8
Титрована кислотність, %	0,48	0,41	0,36
Вміст вітаміну С, мг/100 г	1,79	1,87	2,33
Сторонні домішки	відсутні	відсутні	відсутні

При порівнянні трьох зразків продукту за фізико—хімічними показниками, бачимо, що за титрованою кислотністю вони майже не відрізняються, її вміст коливається у межах 0,36...0,48 %. Вміст вітаміну С найвищий у зразку 3 за рахунок додавання лимонного соку і становить 2,33 мг/100 г. Сторонні домішки відсутні у всіх зразках желе.

Результати дегустаційної оцінки органолептичних властивостей желе за розробленою технологією відображені в табл. 3.

Таблиця 3 — Органолептичні показники желе

Критерії оцінювання	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Зовнішній вигляд	Желеподібна непрозора маса	Желеподібна непрозора маса	Желеподібна непрозора маса
Колір	Яскраво рожевий	Яскраво помаранчевий	Жовтий медовий колір із легким світло-коричневим відтінком
Консистенція	Міцна жельована без відшаровування рідини	Міцна жельована без відшаровування рідини	Міцна жельована без відшаровування рідини
Смак і запах	Ніжний ванільний аромат. Смак яскраво виражений, солодкий	Морквяний аромат. Смак яскраво виражений, солодкий, морквяний.	Аромат лимону. Смак яскраво виражений, лимонний, з приємним присмаком коріння селери.

Дані, наведені в табл. 3 свідчать про добрі органолептичні властивості розроблених продуктів.

Желе зберігали за температури 2...5 °С протягом 3 діб. Досліджені на третю добу мікробіологічні показники свідчили про безпечність отриманих десертів. Результати досліджень наведені у табл. 4.

Таблиця 4 — Мікробіологічні показники желе

Найменування показника	Нормативні значення	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
КМАФАнМ, КУО/г	Не більше 5×10^3	$2,5 \times 10^2$	$2,5 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$
БГКП (коліформи) у 1,0 г	Не допускаються	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Патогенні, у 25,0 г, в т. ч.: сальмонели	Не допускаються	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Дріжджі, КУО/г	Не більше 50	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Цвілі, КУО/г	Не більше 50	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

З наведених даних видно, що бактерії групи кишкових паличок (коліформи) і патогенні, у т. ч., *Salmonella* відсутні в усіх зразках желе, що відповідає санітарно—епідеміологічним правилам і нормативам 2.3.4.1078-01. Окрім того, зразки зберігали добрі органолептичні та структурно—механічні властивості.

Висновок. У результаті проведених досліджень розроблено технологію овочевого желе на основі нетрадиційної для даного виду продукції сировини — коріння селери, яка дозволила отримати асортимент продуктів з оригінальними органолептичними властивостями.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Література

1. Иванова, М. И. Технологические качества корнеплода сельдерея корневого [Текст] / М. И. Иванова // Вестник БГАУ. – 2011. – № 3. – С. 21-24.
2. Патент RU № 2348159 РФ, A23B7/02 Способ производства сушеных корней сельдерея [Текст] / О. М. Остриков, Ю. В. Складчикова – заявитель и собственник патента Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежская государственная технологическая академия" (RU) – № 2007142871/13; заявл. 19. 11. 2007, опубл. 10. 03. 2009.
3. Сазонова, Л. В. Корнеплодные растения: морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редис, редька [Текст] / Л. В. Сазонова, Е. А. Власова – Л.: Агропромиздат, 1990. – 296 с.
4. Біленька, І. Р. Дослідження активності оксидоредуктаз білих коренів [Текст] / І. Р. Біленька, Я. А. Голінська // Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С. З. Гжицького. – 2015 – Вип. 4, Т. 17. – С. 6-11.
5. Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Термины и определения [Текст]: ГОСТ Р 52467-2005. — [Дата введения 2007-01-01] — Москва: Стандартинформ, 2006. – 10 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).
6. Фощан, А. Л. Технології удосконалення якості желеиної продукції [Текст] / А. Л. Фощан, А. М. Григоренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2010. – № 2. – С. 262-268.
7. Филлипс, Г. О. Справочник по гидроколлоидам [Текст] / ред. Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс, пер. с англ. под ред. А. А. Кочеткова, Л. А. Сарафанова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. – 535 с.
8. Пат. 27369 Україна, МПК A23N 1/00 (2006.01). Селективна дробарка [Текст] / О. К. Гладушняк. – заявник і патентовласник Одеська національна академія харчових технологій. – № u200707300; заявл. 02.07.2007; опубл. 25.10.2007, Бюл. № 17. – 6 с.
9. Родина, Т. Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров [Текст]: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Т. Г. Родина. – М.: Академия. – 2004. – 208 с.

References

1. Ivanova, M. I. (2011). Tekhnologicheskiye kachestva korneploda seldereya kornevogo. Vestnik BSAU, 3, 21-24.
2. Ostrikov, O. M., Skladchikova, Yu. V. (2009). Zajavitel' i sobstvennik patenta Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Voronezhskaja gosudarstvennaja tehnologicheskaja akademija". Patent RU No. 2348159 MPK A23V7/02. Sposob proizvodstva sushenyh koren'ev sel'dereja. [in Russian]
3. Sazonova, L. V., Vlasova, Ye. A. (1990) Korneplodnyye rasteniya: morkov, selderey, petrushka, pasternak, redis, redka. Leningrad: Agropromizdat, 296.
4. Bilenska, I. R., Holinska, Ya. A. (2015). Doslidzhennia aktyvnosti oksydoreduktaz bilykh koreniv. Naukovyi visnyk LNUVMB im. S. Z. Hzytskoho, Vol. 17, 4, 6-11.
5. GOST P 52467-2005 (2006). Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Produkty pererabotki fruktov, ovoshhej i gribov. Terminy i opredelenija. Data vvedenija 2007-01-01. Moskva, 10.
6. Foshchan, A. L., Hryhorenko, A. M. (2010). Tekhnologii udoskonalennia yakosti zheleinoi produktsii. Prohresyvnii tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli, 2, 262-268.
7. Viliams, P. A., Phillips, H. O. (2007). Spravochnik po gidrokolloidam. Per. s angl. pod red. Kochetkova, A. A. i Sarafanova L. A. S.-Peterburg, 536.
8. Hladushniak, O. K. (2007). Zayavnyk i patentovlasnyk Odes'ka natsional'na akademiya kharchovykh tekhnolohiy. Patent 27369 Ukrayina, MPK A23N 1/00 (2006.01). Selektivna drobarka.
9. Rodina, T. H. (2008). Sensornyy analiz prodovolstvennykh tovarov. Uchbnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. Moskva: Akademiya, 208.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

УДК 664.856:[602.6:664.29]:[547.56:54-126]-035.2:577.152.1

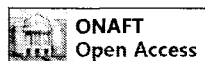
**РОЗРОБКА СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ПРОДУКТІВ ІЗ БІОХІМІЧНО
МОДИФІКОВАНИХ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН
ПОЛІФЕНОЛАМИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ
DEVELOPMENT OF METHOD OF RECEIPT OF JELLY PRODUCTS
FROM THE BIOCHEMICALLY MODIFIED PECTIN SUBSTANCES
POLYPHENOLS OF PLANT RAW MATERIALS**

**Безусов А. Т., д-р техн. наук, професор, Нікітчина Т. І., канд. техн. наук, доцент,
Саркісян Г. О., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Bezusov A. T., Nikitchina T. I., Sarkisyan A. O.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Розроблено спосіб виробництва желейних продуктів з використанням кверцетину рослинної сировини адсорбованого на поверхні високометоксильованих і низкометоксильованих пектинових речовин і ферменту пероксидази кореня хрону і редьки чорної. Встановлено оптимальні умови екстракції кверцетину з рослинної сировини та визначено умови сорбційної здатності поліфенолів на пектинових речовинах.

Визначені умови драглеутворення модельних розчинів пектинових речовин і плодовоовочевої сировини на основі полісахаридно-фенольного комплексу в присутності ферменту пероксидази з екстрактів кореня хрону і редьки чорної.

Встановлено, що варіюючи різні фактори на стадії полімеризації пектин—кверцетин, можна отримувати агрегації з різною сорбційною здатністю. Отриманий полісахаридно—фенольний комплекс досліджували на утворення желеподібних структур в присутності ферменту пероксидази з екстрактів кореня хрону і редьки чорної, за рахунок окислення і конденсації поліфенольних речовин — кверцетину, адсорбованого на поверхні молекули пектину, з утворенням між ними перехресних зв'язок бічних ланцюгів. Використовуючи різне співвідношення сировини і розчину ферменту, досліджений їх взаємний вплив на процес драглеутворення. В результаті проведених досліджень показано, що цей біохімічний процес призводить до прискорення окиснення хімічних зв'язків — донорів водню — кверцетину, перекисом водню. Кверцетин набуваючи підвищеної поверхневої активності в результаті окислення, взаємодіє між собою, утворюючи олігомери, які за рахунок високої адсорбційної здатності до сорбування на поверхні пектинових речовин сировини і утворює перехресні зв'язання молекул пектину з утворенням желейною структури.

The method of manufacturing jelly products using meletin of vegetable raw materials adsorbed on the surface of high- and low-methoxylated pectin substances and ferment of peroxidase of horseradish and black-radish has been developed. Optimum conditions of meletin extraction from vegetable raw materials have been established and conditions of sorption ability of polyphenols on pectin substances have been determined. Gelatin forming qualities of model solutions of pectin substances and vegetable and fruit raw materials on the basis of polysaccharidic—phenol complex with ferment of peroxidase of horseradish and black-radish extracts have been estimated. It has been determined that by modifying different factors on the phase of polymerization of pectin and meletin aggregations with different sorption ability can be obtained. The derived polysaccharidic—phenol complex has been examined for generation of jellylike structures with ferment of peroxidase of horseradish and black-radish extracts due to oxidation and condensation of polyphenol substances such as meletin adsorbed on the surface of pectin molecule with crisscross links of side chains formed between them. Using different ratios of raw materials and ferment solution, their mutual impact on the process of gelatin formation has been researched. As a result, the research has shown that biochemical process leads to acceleration of oxidation of chemical links — hydrogen donors — of meletin with hydrogen peroxide. By obtaining high surface activity as a result of oxidation, meletin reacts forming oligomers that adsorb on the surface of pectin substances and form crisscross links of pectin molecules with formation of jelly structure due to high adsorptive ability.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Ключові слова: драглі, модифіковані пектинові речовини, кверцетин, плодоовочева сировина, пероксидаза.
Key words: jelly, modified pectin, quercetin, vegetables raw, peroxidase.

Здатність пектинових речовин утворювати драглі залежить від їх молекулярної маси, ступеня етерифікації. В залежності від ступеня етерифікації (с. е.) пектинові речовини класифікують на високометоксильовані (ВПР) із с. е. не менше 50 % та низькометоксильовані (НПР) — с. е. не більше 50 %. Для них умови утворення драглів різні. ВПР утворюють драглі тільки при вмісті цукру в суміші більше 60 % та рН 2,8...3,2. НПР можуть утворювати драглі без цукру у широкому інтервалі рН 4...7, але обов'язково в присутності іонів багатовалентних металів, частіше використовують солі кальцію.

Існує третій механізм драглеутворення, в якому тривимірна сітка утворюється за рахунок зшивання молекул полігалактуронана окисненими поліфенолами в присутності окисних ферментів (пероксидаза). В природі існують пектинові речовини до складу яких входять поліфеноли. В буряковому пектині це ферулова кислота. Драглі утворюються в широкому інтервалі рН та не залежать від масової частки цукру [1, 2].

Нами встановлено можливість реалізації цього способу драглеутворення шляхом модифікації ВПР і НПР з фенольними сполуками на прикладі кверцетину.

Мета роботи полягала в модифікації яблучних і цитрусових пектинових речовин шляхом зшивання їх із поліфенолами іншої рослинної сировини для одержання желеїних продуктів за присутності пероксидази хрону та редьки чорної.

У якості поліфенольної компоненти використовували кверцетин. Кверцетин — поширений природний антиоксидант, який відноситься до групи біофлавоноїдів і міститься у більшості рослин [3]. Особливістю кверцетину є його нерозчинність у холодній воді і добра розчинність у гарячій. При охолодженні розчину, який містить кверцетин, він випадає у осад або адсорбується на твердій поверхні (пектинових речовинах).

Флавоноли кверцетину (насамперед глікозиди), найбільш поширені представники флавоноїдів, присутні у багатьох продуктах (ягоди, яблука, виноград, цибуля і цибуля—шалот, чай, томати), а також в насінні, горіхах, окремих зернових культурах, квітах і листі садових і лікарських рослин [4, 5].

У цибулевому лушпинні кристали голчасті, блідо-жовті, розташовані рядами уздовж жилок. Тобто мають вільну кристалічну форму, яка легко розчинна у воді, що відрізняє його від інших кращою біодоступністю.

Загальний вміст поліфенольних речовин визначали методом Фоліна—Деніса, який оснований на окисненні поліфенолів із утворенням забарвлених з'єднань у лужному середовищі [6]. Для порівняння ефективності різних способів екстракції проводили екстрагування дистильованою водою із температурою від 20 °С до 95 °С впродовж 60 хв (рис. 1).

Встановлено, що оптимальними умовами є: екстрагування за температури 95 °С; співвідношення з екстрагентом — 1:2; тривалість 20 хвилин за умови значного подрібнення сировини.

Зв'язування кверцетину із пектиновими речовинами може проходити як на чистих пектинових розчинах так і на пектинових речовинах фруктово—овочевої сировини або напівфабрикатах: яблучне, морквяне, томатне пюре, яке змішують із розчином кверцетину.

Сорбцію кверцетину на яблучному, цитрусовому пектині та фруктово—овочевому пюре здійснювали шляхом нагрівання заздалегідь промитого холодною водою лушпиння цибулі при визначених оптимальних умовах екстрагування. Екстракт кверцетину проціджували, охолоджували до 40 °С та додавали до порошків яблучного, цитрусового пектину та плодоовочевих напівфабрикатів з метою одержання пектинових сумішей з масовою часткою не менше 1 %. Ретельно перемішували протягом однієї години до встановлення сорбційної рівноваги та охолоджували до +5 °С (рис. 2). Зниження температури сприяє зменшенню розчинності кверцетину та утворенню полімеризаційного комплексу із пектином через водневі зв'язки завдяки наявності у молекулі кверцетину гідроксильних груп.

На наступному етапі досліджували залежність ступеня сорбції кверцетину від рН. Для створення необхідної кислотності середовища до розчину пектин—поліфенол додавали соляну кислоту та гідроксид натрію. Характер рН—залежності (рис. 3) свідчить, що кверцетин має селективну сорбцію. Максимальний ступінь агрегації спостерігається в діапазоні рН < 5, із збільшенням рН сорбція зменшується прямо пропорційно зменшенню кількості недисоційованих молекул кверцетину у розчині.

Таким чином, одержані результати вказують на те, що варіюючи різними факторами на стадії полімеризації пектин—кверцетин, можна одержувати агрегації з різною сорбційною здатністю.

Для одержання екстрактів ферменту пероксидази з кореня хрону та редьки чорної їх піддавали стандартному очищенню, подрібненню та екстрагували водним розчином із рН від 5 до 7 та за температури від 5 °С до 45 °С. Аналіз одержаних даних показує значне коливання активності пероксидази кореня хрону та редьки чорної екстрагованої за температури 37 °С та 45 °С. Оптимальні умови екстрагування пероксидази для обох видів сировини: рН від 6,2 до 6,6 та температура не вище 30 °С.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

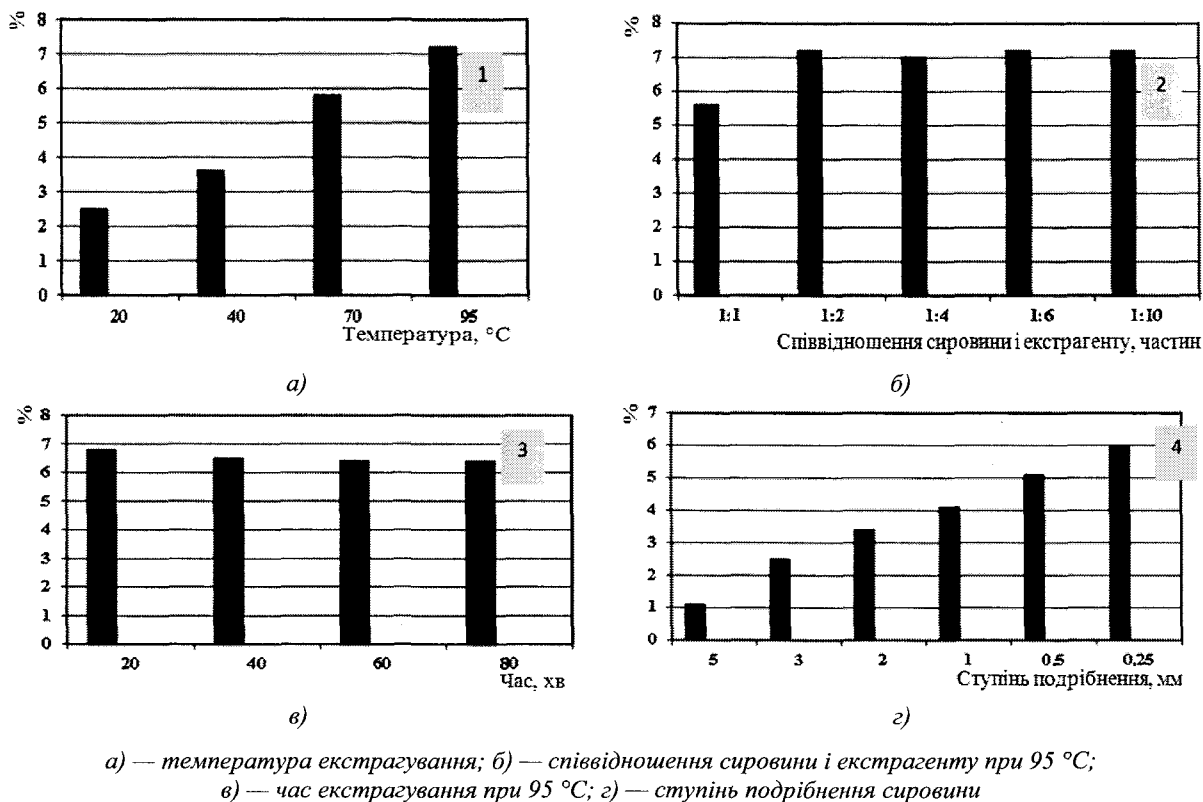


Рис. 1 — Вплив умов екстрагування на вихід поліфенолів (%) із лушпиння цибулі

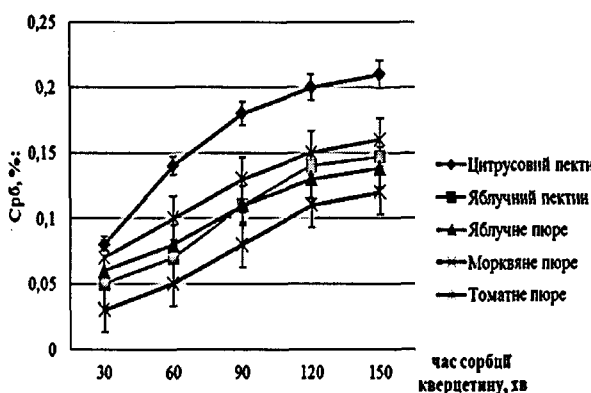


Рис. 2 — Тривалість кореляційної сорбції кверцетину на пектині сировини при +5 °С

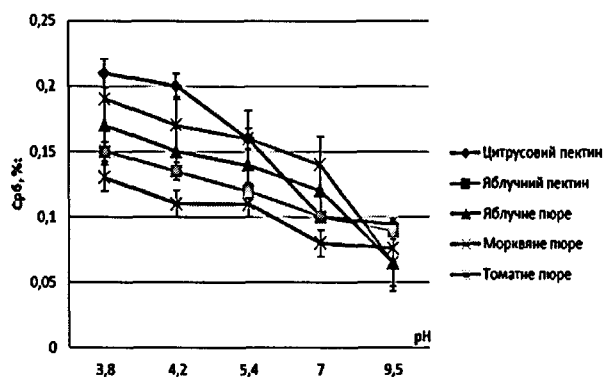


Рис. 3 — Залежність ступеня сорбції кверцетину від рН на пектині сировини: $\tau = 2$ год; $t = +5$ °С

Одержаний полісахаридно—фенольний комплекс досліджували на утворення драглеподібних структур у присутності ферменту пероксидази з екстрактів кореня хрону та редьки чорної, за рахунок окиснення та конденсації поліфенольних речовин — кверцетину, адсорбованого на поверхні молекули пектину, з утворенням між ними перехресних зв'язок бічних ланцюгів, що формує желеподібну структуру. Використовуючи різне співвідношення сировини і розчину ферменту, досліджували їх взаємний вплив на процес драглеутворення (рис. 4).

Висновок. Таким чином, в результаті проведених нами досліджень впливу поліфенольних речовин — кверцетину цибулевого лушпиння на зміну драглеутворюючої здатності пектинових речовин плодовоовочевої сировини в присутності пероксидази показало, що цей біохімічний процес призводить до прискорення окиснення хі-

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

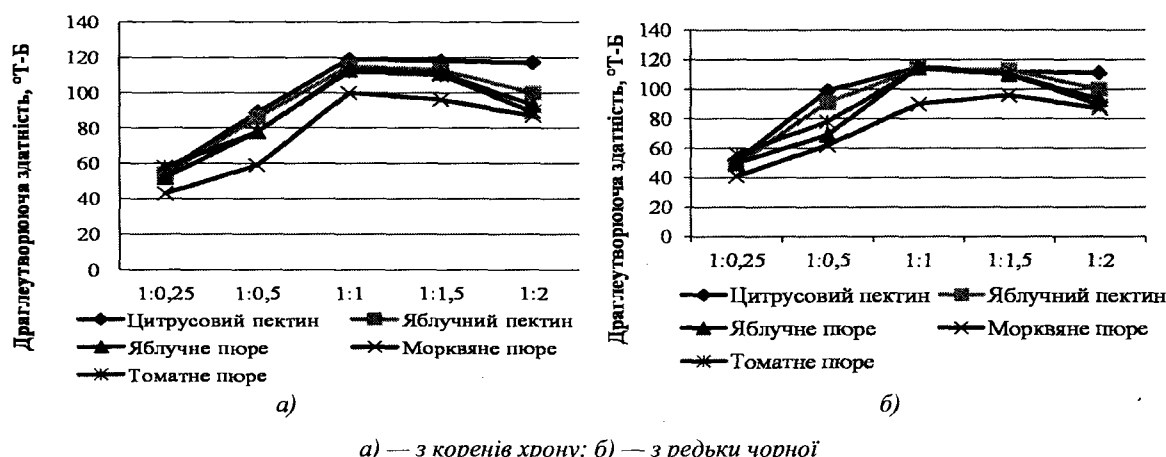


Рис. 4 — Драглеутворююча здатність полісахаридно—фенольного комплексу у присутності екстракту пероксидази кореня хрону та редьки чорної при різному співвідношенні сировини і розчину ферменту

мічних сполук — донорів водню — кверцетину, перекисом водню. Кверцетин набуваючи підвищену поверхневу активність в результаті окиснення, взаємодіє між собою, утворюючи ди-, три- та олігомери, які за рахунок високої адсорбційної здатності сорбуються на поверхні пектинових речовин сировини та утворюють перехресні зв'язання молекул пектину із утворенням желейної структури. Такий спосіб драглеутворення пектинових речовин дозволяє створити технології із використанням вітчизняної плодоовочевої сировини, як джерела природного пектину, поліфенольних сполук та біокатализаторів.

Література

- Дьяконова, А. К. Структурообразователи в производстве консервированных продуктов [Текст]: Монография / А. К. Дьяконова, А. Т. Безусов. — Одесса: "Optimum", 2006. — 249 с.
- Безусов, А. Т. Влияние степени окисленности полифенольных веществ на гелеобразующую способность пектина [Текст] / А. Т. Безусов, А. К. Дьяконова, А. П. Бочковский // Наук. праці ОНАХТ. — 2008. — Т. 2. № 34. — С. 98 — 101.
- Беликов, В. Г. Фармацевтическая химия [Текст]: учеб. в 2 ч. / В. Г. Беликов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Пятигорск: Изд-во Пятигор. гос. фармац. акад., 2003. — Ч. 2: Специальная фармацевтическая химия. — 545 с.
- Molinelli, A. Advanced Solid Phase Extraction Using Molecularly Imprinted Polymers for the Determination of Quercetin in Red Wine [Text] / A. Molinelli, R. Weiss, B. Mizakoff // J. Agric. Food. Chem. — 2002. — 50 (7). — P. 1804–10808.
- Нечипоренко, Н. А. Результаты изучения коллекции хрена и спаржи [Текст] / Н. А. Нечипоренко, Н. С. Эммерих, Н. А. Корчемная // Тр. по прикл. ботанике. — 1977. — Т. 60. — № 3. — С. 153–160.
- Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений [Текст]: монография / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др.; Под ред. А. И. Ермакова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. — 430 с.

References

- Djkonova, A. K., Bezusov A. T. (2006). Strukturoobrazovateli v proizvodstve konservirovannyh produktov. Monografiya. Odessa: «Optimum», 249.
- Bezusov, A. T., Djakonova, A. K., Bochkovskij, A. P. (2008) Vlijanie stepeni okislennosti polifenolnyh veshhestv na geleobrazujushhuju sposobnost pektina. Naukovi pratsi ONAHT, 2 (34), 98–101.
- Belikov, V. G. (2003). Farmacevticheskaja himija]: ucheb. v 2 ch. 3-e izd., pererab. i dop. Ch. 2: Special'naja farmacevticheskaja himija. Pjatigorsk, Izd-vo Pjatigor. gos. farmac. akad., 545.
- Molinelli, A. Weiss R., Mizakoff, B. (2002) Advanced Solid Phase Extraction Using Molecularly Imprinted Polymers for the Determination of Quercetin in Red Wine. J. Agric. Food. Chem. 50 (7), 1804–10808.
- Nechiporenko, N. A., Jemmerih, N. S., Korchemnaja, N. A. (1977). Rezultaty izuchenija kollekcii hrena i spazhi. Tr. po prikl. botanike. 3, 153–160.
- Ermakov, A. I., Arasimovich, V. V., Jarosh, N. P. i dr. (1987). Metody biohimicheskogo issledovanija rastenij: monografiya, 3-e izd., pererab. i dop. Leningrad, Agropromizdat. Leningr. otd-nie, 430.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

УДК [640.41 + 640.43]: 66.012.3

**АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В
РЕСТОРАННОМУ ГОСПОДАРСТВІ
ANALYSIS OF ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN
RESTAURANT BUSINESS**

**Ряшко Г. М., канд. техн. наук, доцент, Крусір Г. В., д-р техн. наук, професор,
Новічкова Т. П., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Riashko G. M., Krusir G. V., Novichkova T. P.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Для підприємств ресторанного господарства України суттєвою проблемою є висока енергоемність технологічних процесів та неефективне використання ресурсів. Метою роботи є проведення аналізу енергозберігаючих технологій в ресторанному господарстві на прикладі діючого підприємства харчування. В статті розглянуто сучасні технологічні та технічні напрямки створення високоефективних ресторанних технологій на підприємствах харчування. Основні напрямки стосуються підбору енергозберігаючого обладнання для виробничих цехів ресторану та правильного його експлуатування. Також наведено рекомендації щодо зниження витрат на кондиціювання повітря, забезпечення ефективної роботи холодильного обладнання, зниження витрат енергії на водоспоживання і освітлення ресторанів.

Створення підприємства ресторанного господарства з використанням нових технологій виробництва кулінарної продукції та енергоефективного обладнання дає суттєві переваги: зменшується площа, яку займає обладнання, знижується споживання електроенергії, кількість виробничого персоналу, зменшуються втрати маси продукту, кулінарного жиру та води для миття обладнання.

Було проведено енергетичний аудит для існуючого ресторану. Розподіл вартості основної сировини та допоміжних матеріалів популярних страв, розподіл споживання енергоносіїв на підприємстві було проаналізовано. Аналіз ефективності використання ресурсів для загальних потреб підприємства було проведено за наступними напрямками: системи охолодження; приготування їжі; освітлення; вентиляція; опалення; водовикористання; утворення відходів та поводження з ними. Згідно з отриманими даними було розроблено рекомендації щодо удосконалення кожного з напрямків.

Всі наведені рекомендації дозволять підвищити енергетичну ефективність підприємства та підвищити конкурентоспроможність ресторану при незначних фінансових витратах.

High energy intensity of technological processes and inefficient use of resources is a significant problem for the enterprises of restaurant economy in Ukraine. The aim of the article is the analysis of energy-saving technologies in restaurant industry based on an operating restaurant business. The article discusses the current technological and technical trends in the development of highly efficient restaurant technologies at the catering enterprises. The main trends relate to the selection of energy-saving equipment for production facilities of the restaurant and proper operation of the latter. Besides, guidelines on how to reduce the costs of air conditioning, ensure efficient operation of refrigeration equipment and reduce power inputs in water consumption and lighting of the restaurants are provided.

Creation of a restaurant business enterprise with the use of new technologies for production of culinary products and power-efficient equipment offers significant benefits: reduced area occupied by equipment, decreased power consumption and number of production staff and cut down weight losses of products, cooking oil and equipment washing water.

Audit of an existing restaurant power consumption was conducted. Analysed were the cost distribution of the main raw materials and auxiliary ones for popular dishes, and the distribution of power consumption at the enterprise. The following areas were analysed concerning the efficiency of resource usage for the enterprise overall needs: cooling system; cooking; lighting; ventilation; heating; use of water; and waste generation and handling. According to the data obtained, recommendations for improvement of each area were developed.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

All of such guidelines and recommendations will enable improving the enterprises energy efficiency and enhance the competitiveness of the restaurant with little additional cost.

Ключові слова: ресторанний бізнес, енергоефективні технології, енерговитрати, енергетичний аудит.

Key words: restaurant business, power—efficient technologies, power consumption audit.

Постановка проблеми. Територіальне розташування, кліматичні умови, історичні та культурні традиції роблять Україну перспективною для організації відпочинку і оздоровлення міжнародного, державного і місцевого значення. Країна славиться унікальними рекреаційними ресурсами Карпат, узбережжя Чорного і Азовського морів. Підприємства сфери гостинності розвиваються, незважаючи на складні економічні умови в країні. Для успішного ведення бізнесу крім збільшення числа туристів, підприємства ресторанного господарства повинні ретельно контролювати свої експлуатаційні витрати, шукати шляхи зниження собівартості готової продукції, не знижуючи якості вихідної сировини.

В сучасних умовах для підприємств ресторанного господарства України суттєвою проблемою є висока енергоємність технологічних процесів та неефективне використання ресурсів. Так, наприклад, для роботи кафе або ресторану на 100...150 місць необхідна номінальна потужність тільки для технологічного обладнання складає від 30 до 50 кВт залежно від меню та технології. При цьому у більшості випадків теплові та холодильні потужності використовуються на підприємстві не раціонально. У зв'язку з цим до 10 % загального прибутку витрачається на сплату комунальних платежів та лягає на собівартість готової продукції.

За умов жорстких законодавчих ініціатив влади, зростання цін на продукти харчування, подорожчання електроенергії, змін на ринку праці і в системі податків власники підприємств ресторанного господарства повинні шукати шляхи підвищення енергоефективності виробництва, що дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Мета роботи — проведення аналізу енергозберігаючих технологій в ресторанному господарстві на прикладі діючого підприємства харчування.

Виклад основного матеріалу. Уявлення про те, на що використовується електроенергія на підприємствах ресторанного господарства, дає табл. 1 [1].

Таблиця 1 — Розподіл та використання електроенергії на підприємствах ресторанного бізнесу

Тип обладнання	Споживання електроенергії, %
Технологічне обладнання для механічної та теплової обробки продуктів харчування	35
Устаткування для опалення, вентиляції та кондиціювання повітря	28
Обладнання для роботи водопроводу та каналізації	18
Освітлювальні прилади	13
Холодильне обладнання	6

Як видно з табл. 1, максимальну кількість енергії на підприємстві споживає технологічне обладнання для обробки продуктів харчування. Тому при створенні нового підприємства треба велику увагу приділити підбору ефективного та енергозберігаючого обладнання для виробничих цехів ресторану. З метою забезпечення безпеки кулінарної продукції перевагу треба віддавати підбору обладнання з системою НАССР. Для працюючого підприємства також важливо приділяти увагу цьому типу обладнання — правильно його експлуатувати, та оновлювати за необхідності [2].

До основних сучасних технологічних та технічних напрямів створення високоефективних ресторанних технологій відносять:

— економію електроенергії та газу за рахунок підвищення ефективності використання обладнання, зменшення тривалості роботи обладнання, усунення недоліків у недоцільному використанні енергії, використання більш дешевих джерел енергії, використання сучасного обладнання (пароконвекційні печі, апарати шокowego охолодження та багатофункціональні кухонні пристрої (VCC));

— збільшення терміну зберігання продуктів харчування (MAP-технології, технологія Cook&Chill, використання вакуум-машин) та підвищення санітарно-гігієнічного стану виробництва, в тому числі завдяки розробці та впровадженню на підприємстві системи НАССР;

— економічні технології приготування страв (низькотемпературне приготування страв, приготування завдяки мікрохвильовому випромінюванню та індукційній обробці їжі), дозрівання овочів та фруктів;

— ергономіка виробництва (нові аспекти проектування);

— використання автоматизованих систем на підприємстві та формування, завдяки ним, чітко спланованого завдання, заснованого на виробничому плані.

Для зниження витрат на кондиціювання повітря при проектуванні системи вентиляції на підприємствах ресторанного господарства необхідно:

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

- забезпечити кожний витяжний зонт незалежною системою витяжки;
 - у цехах передбачати витяжну вентиляцію із двома швидкостями роботи, що дозволить зберегти ресурс роботи вентилятора, а також заощадити енергію, що витрачається і на нагрівання, і на охолодження;
 - передбачити застосування в обідньому залі витяжної вентиляції, яка направляє повітря до кухні;
 - використовувати поліровані шибки, які зменшують надходження тепла ззовні і збільшують надходження денного світла;
 - передбачати монітори вуглекислого газу, які контролюють рівень його вмісту у повітрі всередині приміщень і регулюють приплив зовнішнього повітря;
 - використовувати системи рекуперації тепла від обладнання;
 - застосовувати теплоізоляцію для дахів і стін.
- Забезпечення ефективної роботи холодильного обладнання передбачає:
- використання низькотемпературних сенсорів або таймерне включення в морозильниках;
 - проектувати установлення стелажів у холодильній камері за принципом побудови стелажів у бібліотеці, що зменшує об'єм вільних охолоджуваних площ майже у два рази;
 - використовувати сучасну технологію пакування швидкопсувних продуктів у газомодифікованому середовищі, що вирішує проблему товарного сусідства.

Для зниження витрати енергії на водоспоживання слід передбачати такі системи, у яких нагріваються тільки ті обсяги води, які необхідні для кожного процесу. У мийних столового і кухонного посуду слід передбачати насадки на крани для економії гарячої води. Збільшення розміру бака, у якому зберігається гаряча вода, і його теплоізоляція, також будуть сприяти заощадженню тепла.

Для зниження витрат енергії на освітлення підприємств ресторанного бізнесу слід передбачати системи освітлення, на основі флуоресцентних і низьковольтних ламп, використовувати реостати, датчики руху і фотодатчики для автоматичного контролю освітлення. Перехід від звичайної лампи розжарювання до флуоресцентної дає економію у 34 \$ на кожну лампочку на рік. По можливості при проектуванні нового підприємства передбачити використання світлових «труб», для використання природного денного світла у внутрішніх приміщеннях.

Насамперед, при створенні підприємства ресторанного господарства важливу увагу слід приділяти проектуванню, яке має бути орієнтоване на нові технології виробництва кулінарної продукції та енергоефективне обладнання, що забезпечує ефективність діяльності. Тому при створенні нових підприємств та реконструкції вже діючих, необхідно враховувати процес удосконалення існуючих моделей обладнання, розширення їх функціональних можливостей для створення високоефективних технологій на підприємствах ресторанного господарства. Результати розрахунків [3] доводять, що використання новітнього теплового обладнання, у порівнянні з традиційним обладнанням, дає такі переваги:

- площа, яку займає обладнання зменшується на 29 %;
- споживання електроенергії зменшується на 31 %;
- зменшується кількість виробничого персоналу;
- зменшуються втрати маси продукту;
- зменшуються втрати кулінарного жиру для приготування;
- зменшуються втрати води для миття обладнання.

З одного боку, вартість обладнання нового типу на 30 % дорожче традиційного обладнання. Однак, враховуючи економію від зменшення витрат на електроенергію, зниження втрат маси продукту і кулінарного жиру, а також зниження витрати води та зменшення кількості робітників, ця різниця у вартості окупається за 8 місяців роботи підприємства. Ці розрахунки свідчать про ефективність використання обладнання нового типу в порівнянні із традиційним.

Для вже діючих підприємств ресторанного господарства важливим є проведення своєчасного енергоаудиту. Основний алгоритм його проведення складається з п'яти етапів [4]:

- визначення комплексу вихідних даних та розрахункових показників енерговитрат та енергоефективності;
- оцінка потенціалу енергозбереження та реального ефекту використання енергозберігаючих технологій, визначення резервів енергозбереження;
- вибір перспективних напрямків енергозбереження;
- розробка економіко-організаційного механізму стимулювання енергозбереження;
- моніторинг і корекція програми енергозбереження.

Згідно цього алгоритму в рамках проекту Організації Об'єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО) «Сприяння адаптації та впровадженню ресурсоефективного та більш чистого виробництва шляхом створення і роботи Центру більш чистого виробництва в Україні» було проведено енергетичний аудит ресторану «Zucchini» в м. Одеса. При проведенні аудиту брали дані за 3 місяці роботи ресторану.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Ресторан відноситься до ресторанів з обслуговуванням офіціантами, загальнодоступний, спеціалізований, з асортиментом страв італійської кухні.

Асортимент продукції ресторану дуже широкий, але на прикладі найпопулярнішої страви можна побачити розподіл вартості основної сировини та допоміжних матеріалів (рис. 1).



Рис. 1 — Розподіл вартості основної сировини та допоміжних матеріалів при виробництві піци

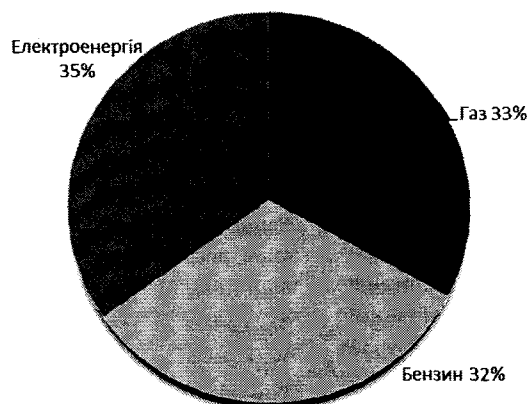


Рис. 2 — Вартість енергоносіїв

льним показником досягала 19 °С. Такі значні перепади температур свідчать про втрати тепла через погану ізоляцію, а також через скляні двері холодильних шаф. Втрати теплової енергії тільки через погану ізоляцію за рік для трьох найбільш енерговитратних холодильників складає 427,15 кВт·год, що в грошовому еквіваленті дорівнює 285,8 грн. Рекомендацією з цього приводу є заміна ущільнювачів на дверях холодильних камер та заміна холодильників зі скляними дверима на нові енергоефективні холодильні шафи, а також прибирання зайвих продуктів з холодильників для нормальної циркуляції повітря.

Структуру утворення відходів на підприємстві вказано в табл. 2.

Сміття на підприємстві не сортується, тому доцільно ввести сортування сміття [5].

Освітлення в ресторані «Zucchini» виконує як практичну, так і естетичну функцію. Штучне освітлення складається із системи освітлювальних приладів, розташованих під стелею та на стінах, які рівномірно освітлюють усе приміщення. Споживання електроенергії на освітлення складає 6548 кВт·год на місяць, при тарифі 1,66464 грн/кВт·год це складає 10900 грн. Для зменшення цього показника рекомендовано замінити лампи розжарювання та енергоекономних ламп на LED-лампи. Для запобігання втрати електроенергії на освітлення залу вдень на другому поверсі біля вікна слід встановити дзеркало, яке направить денне світло на стелю, а на даху встановити додаткове вікно. Також треба відзначити відсутність стабілізатора для врівноваження напруги, який слід обов'язково придбати і замінити лічильник на тритарифний.

Обігрів приміщень ресторану здійснюється за допомогою таких пристроїв: газовий котел, кондиціонери, електричний камін, UFO, тепла завіса над входними дверима. Аналіз роботи цих пристроїв показав, що втрачається до 37 % із виробленого тепла з приміщення. Тому рекомендовано заміна теплової завіси над входними дверима на коридор з додатковими дверима, встановлення регулятора температури на батареї опалення у залі, а також регулярне чищення забитих фільтрів кондиціонерів.

Основне джерело споживання газу — нагрівання води у газовому котлі для миття посуду та інвентарю. Основні джерела споживання електроенергії — технологічне обладнання. Бензин використовується, як паливо, для автомобілів служби доставки. Відсоток вартості енергоносіїв вказано на рис. 2.

Кількість енергетичних ресурсів, що припадає на 1 умовну страву — 2,73 кВт·год, що у вартісному вираженні становить 3 грн 93 коп.

Аналіз ефективності використання ресурсів для загальних потреб підприємства було проведено за наступними напрямками:

- системи охолодження;
- приготування їжі;
- освітлення;
- вентиляція;
- опалення;
- водовикористання;
- утворення відходів та поводження з ними.

Холодильне обладнання підприємства було досліджено за допомогою тепловізорів. Це дослідження показало, що наявне холодильне обладнання має великі втрати тепла. Так, різниця температури в різних точках на поверхні холодильного обладнання між максимальним та мінімальним

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Таблиця 2 — Утворення відходів за 3 місяці

Відходи	Кількість відходів	Ціна утилізації або реалізації матеріалу, грн	Вартість утилізації або реалізації матеріалу, грн	Вартість матеріалу відходів, грн	Загальна вартість, грн
Масло відпрацьоване, л	3379	2	6758	41899,6	35141,6
Харчові відходи, кг	7360	0,5	362,5	13881,58	13519,08
Тверді побутові відходи, кг	1840	1,63	1773,114	20828,11	19054,99
ПЕТ—пляшки, шт	1716	0,11	188,76	16373,99	16185,23
Пляшки скляні, шт	679	0,2	135,8	59204,91	59069,11
Папір, кг	57	0,7	39,9	9072,34	9032,44
Всього	—	—	—	161260,52	154502,5

Вентиляційна система складається з припливної та витяжної. Основні приміщення, що потребують встановлення вентиляційної системи — гарячий цех, зал, коридор. Середнє споживання електроенергії вентиляційними системами наведено в табл. 3.

Таблиця 3 — Середнє споживання електроенергії вентиляційними системами ресторану

Місце розташування	Наявність систем	Тривалість роботи системи, год	Середнє споживання електроенергії за рік, кВт·год/рік
Гарячий цех	Витяжка — 1 шт; приток — 1 шт	14	1752
Зал	Витяжка — 2 шт; приток — 1 шт	11	531,2
Коридор	Витяжка — 1 шт; приток — 1 шт	14	112,9

Аналіз роботи вентиляційної системи ресторану виявив такий недолік, як забиті фільтри, завдяки яким втрачається більше електроенергії. Тому рекомендацією була вчасна заміна фільтрів у витяжних системах та встановлення теплообмінників з метою використання тепла в інших процесах.

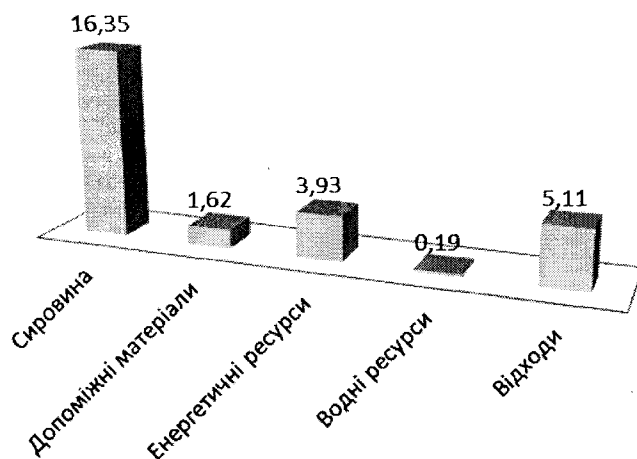


Рис. 3 — Вартість ресурсів на 1 умовну страву

Споживання водних ресурсів за 3 місяці становить 405 м³. Відповідно до нормативних вимог, враховуючи кількість приготованих страв, витрати води повинні становити 363 м³. Кількість водних ресурсів на 1 умовну страву становить 12 дм³ води, що у вартісному вираженні дорівнює 0,19 грн.

Вартість ресурсів, що використовується на 1 умовну страву ресторану наведено на рис. 3.

Велика витрата води спостерігається у виробничих процесах, для запобігання цьому рекомендується встановлення розпилювачів на кран. Аналогічні розпилювачі слід встановити і у інших приміщеннях, в тому числі у виробничих.

Всі наведені рекомендації дозволять підвищити енергетичну ефективність підприємства при незначних фінансових витратах.

Висновки. Завдяки тенденціям економічного розвитку України сформувались нові реалії в стратегії роботи підприємств ресторанного бізнесу. Сьогодні підвищення рентабельності ресторану лежить не лише у сфері маркетингових інструментів — управління продажами, просування, впровадження нових методів роботи з аудиторією або грамотно налагодженого управлінського обліку. Вона також залежить від створення високоефективних технологій у стратегії роботи підприємств ресторанного бізнесу.

Сучасний підхід до створення підприємств харчування, що забезпечує ефективність діяльності, має бути орієнтований на нові технології виробництва кулінарної продукції. А в процесі роботи підприємства необхідно враховувати всі можливості усунення випадків недоцільного використання енергії та ресурсів. Тому для будь-

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

якого ресторанного закладу важливим є проведення своєчасного енергетичного аудиту, який дозволяє покращити енергетичну ефективність та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Література

1. Katsigris, C. Design and equipment for restaurants and foodservice: a management view [Text]: 3rd ed. / C. Katsigris, C. Thomas. – Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. — 2009. – 603 p.
2. Zinzi, F. Understanding a Restaurant's Energy Use [Electronic resource] / Mode of access: Published on the web: [http:// www. ezinearticles.com/?Understanding-a-Restaurants-Energy-Use&id=4010125](http://www.ezinearticles.com/?Understanding-a-Restaurants-Energy-Use&id=4010125). (last access: 14.09.2015). – Title from the screen.
3. Ряшко, Г. М. Використання новітнього обладнання із метою створення високоефективних технологій на підприємствах ресторанного господарства [Текст] / Г. М. Ряшко // Наукові праці ОНАХТ. – 2012. – № 40. – С. 271 – 276.
4. Харенко, Д. А. Энергомониторинг предприятий ресторанного и гостиничного комплекса [Текст] / Д. А. Харенко // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – Т. 2, № 47. – С. 222 – 227.
5. Крусір, Г. В. Оцінювання впливу туристичного комплексу на довкілля [Текст] / Г. В. Крусір, В. К. Новічков, Я. П. Русєва // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2012. – № 1. – С. 524 – 530.

References

1. Katsigris, C., Thomas, C. (2009). Design and equipment for restaurants and foodservice: a management view. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 603.
2. Zinzi, F. (2010). Understanding a Restaurant's Energy Use. Available at: [http:// www. ezinearticles.com/?Understanding-a-Restaurants-Energy-Use&id=4010125](http://www.ezinearticles.com/?Understanding-a-Restaurants-Energy-Use&id=4010125).
3. Riashko, G. M. (2012). Vykorystannya novitn'oho obladnannya iz metoyu stvorenniya vysokoeffektivnykh tekhnolohiy na pidpryyemstvakh restorannoho hospodarstva. Naukovi pratsi ONAHT, 40, 271-276.
4. Kharenko, D. A. (2015). Jenergomonitoring predpriyatij restorannogo i gostinichnogo kompleksa. Naukovi pratsi ONAHT, 2 (47), 222-227.
5. Krusir, G. V., Novichkov, V. K., Rusieva, Y. P. (2012). Otsinyuvannya vplyvu turystychnoho kompleksu na dov-killya. Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli. Khar-kiv: KhDUKhT, 1, 524-530.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

УДК [664/953:639/21]-027/242

**ВИВЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ
ФАРШЕВИХ ВИРОБІВ З ПРІСНОВОДНИХ РИБ
THE STUDY OF FUNCTIONAL FEATURES
OF PRODUCTS FROM MINCED FRESHWATER FISH**

Герасим А. С., канд. техн. наук, доцент, Кушніренко Н. М., канд. техн. наук

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Gerasim A. S., Kushnirenko N. M.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Можливим шляхом вирішення проблем як збільшення виробництва і споживання рибних продуктів, так і впровадження основних напрямків політики України в галузі здорового харчування є розробка та виробництво фаршів та фаршевих виробів регульованого складу та структури. Розробка нових технологій переробки прісноводних риб і нових рецептур рибних продуктів на їх основі — є актуальним народно—господарським та соціальним завданням. Розробка рецептур фаршевих напівфабрикатів складного сировинного складу дозволяє виробляти харчові продукти, що збагачені білками, вітамінами, мікроелементами і харчовими волокнами.

У статті наведено актуальність, а також основну мету, завдання та об'єкти досліджень.

В результаті досліджень прагнули не тільки підвищити кількість білка і харчових волокон в готовому продукті, а і зберегти його споживчі властивості та показники безпеки. Для встановлення масової частки досліджуваних текстуратів у роботі було розглянуто не тільки зміни масової частки білка, а і зміни вологи, енергетичної цінності і органолептичної оцінки. У роботі показано позитивний вплив текстуратів, як на фізико—хімічні властивості напівфабрикатів, так і на харчову цінність.

Possible solutions to problems as increased production and consumption of fishery products and the implementation of major policies of Ukraine in the field of healthy eating is the development and production of ground meat products and farshevyh controlled composition and structure. Development of new technologies of freshwater fish and fish products new recipes based on them — is relevant people's economic and social development objectives recipes farshevyh semi complex commodity composition allows the foods rich in proteins, vitamins, trace elements and dietary fiber.

In the article the urgency and the main goal, objectives and research facilities. As a result, studies have sought to not only increase the amount of protein and fiber in the finished product, but also to keep its consumer properties and safety performance. To establish the fate of the mass in the studied texturate considered not only change the fate of the mass of the protein, but also changes in water, energy and organoleptic evaluation. It is shown texturate positive impact both on physical and chemical properties of semi—finished and on the nutritional value.

Ключові слова: фаршеві вироби, рослинні текстурати, складний сировинний склад, функціональні властивості, органолептична оцінка.

Key words: minced products, vegetable texturates, complex raw material composition, functional properties, organoleptic evaluation

Одним з основних напрямків політики України в галузі здорового харчування є розробка технологій нових високоякісних харчових продуктів із зміною хімічного складу, що відповідають потребам організму людини, у тому числі продуктів лікувально—профілактичного призначення для попередження різних захворювань і зміцнення захисних функцій організму, а також для зниження ризику дії шкідливих речовин, особливо для населення, що проживає в екологічно неблагополучних регіонах [1].

Багаторічні медико—біологічні дослідження та клінічні випробування довели, що більшість «хвороб цивілізації» — гіпертонічна хвороба, атеросклероз, ішемічна хвороба серця, рак різних ділянок шлунково—кишкового тракту — викликані незбалансованим і неправильним харчуванням. Для підтримки здоров'я, праце-

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

здатності і активного довголіття в раціоні людини повинні бути продукти харчування, що містять необхідну кількість макро— і мікронутрієнтів, мікроелементів, вітамінів і, в першу чергу, білків [2].

Білки прісноводних риб володіють високою біологічною цінністю, легко перетравлюються і засвоюються організмом, у зв'язку з цим збільшення виробництва і споживання рибних продуктів є актуальним народно— господарським та соціальним завданням. Для вирішення цього завдання потрібна розробка технологій переробки прісноводних риб і нових рецептур рибних продуктів [3].

Можливим шляхом вирішення цієї проблеми може служити розробка технології виробництва фаршу і фаршевих виробів з прісноводних риб, а також виробництво швидкозаморожених готових виробів з фаршу. Розробка рецептур і технології виробництва фаршевих напівфабрикатів складного сировинного складу дозволяє виробляти харчові продукти, збагачені білками, вітамінами, мікроелементами і харчовими волокнами. Амінокислотний і мікроелементний склад таких продуктів регулюють шляхом введення рослинних наповнювачів, в тому числі горохового, рисового та кукурудзяного борошна; зокрема мікроелементний склад рибних продуктів можна збагатити залізом і магнієм шляхом введення у рецептуру гречаного борошна. Продукти, що володіють високим вмістом баластних речовин і харчових волокон, доцільно виробляти з рибного фаршу з додаванням рисового або горохового борошна [4].

У виробництві фаршевих напівфабрикатів можна використовувати рибу з механічними пошкодженнями, що знижує собівартість готових виробів і дозволяє створювати продукти харчування для різних соціальних груп населення.

Таким чином, розробка технологій виробництва та рецептур фаршевих виробів складного сировинного складу на основі рибного фаршу є актуальною науково—практичною проблемою і має соціальне значення.

Метою досліджень є розробка технології та рецептур фаршевих виробів з прісноводних риб зі збалансованим вмістом білка, харчових волокон, вітамінів і мінеральних речовин; наукове обґрунтування використання допоміжних інгредієнтів та ферментів при виробництві рибних фаршів.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- проаналізували наявні в науково—технічній літературі дані щодо використання продуктів переробки прісноводної риби, рослинних наповнювачів з борошна гороху, рису, кукурудзи та гречки; використання ферментних препаратів при виробництві продуктів харчування;

- визначити функціональні властивості борошна гороху, рису, кукурудзи та гречки;

- дати наукове обґрунтування використання рослинних текстуратів і білоквмісних добавок для виробництва рибних фаршів;

- визначити кількісний і якісний вплив інгредієнтів на органолептичні, технологічні, фізико—хімічні показники якості та біологічну цінність готових виробів.

Об'єктами дослідження є технологія фаршевих швидкозаморожених напівфабрикатів на основі прісноводних гідробіонтів (товстолобика, піленгасу), і сировини рослинного походження (кукурудзяне, гречане, горохове та рисове борошно).

Для визначення технологічних та фізико—хімічних показників якості були проведені дослідження контрольних варіантів кожного виду напівфабрикату на основі фаршів із товстолоба і піленгаса в стандартних пропорціях без додавання рослинних текстуратів, і із внесенням рослинного текстурату гречки, рису, кукурудзи і гороху в концентраціях 5,0; 7,5; 10,0; 12,5 та 15 % до маси готового виробу.

При визначенні показників якості готових виробів були застосовані як загальноприйняті, регламентовані ГОСТи 7636 та 8756.16, методи дослідження (органолептичні показники, фізико—хімічні показники: масова частка вологи, вміст білка), так і спеціальні методи (бална органолептична оцінка, масова частка білка за К'ельдалем, вологозв'язуючі і вологоутримуюча здатність), проведені розрахунки показників харчової цінності готових виробів [2, 3].

Найбільш сильний прояв вологозв'язування в текстуратів гороху, кукурудзи — 72,1 % та гречки — 73,2 %, слабкіший — у текстуратів рису — 76,0 %. Збільшення вмісту вологи у продукті покращує ніжність готових виробів і збільшує економічну ефективність виробництва (табл. 1). Залежність збільшення вмісту вологи комбінованого фаршевого продукту від масової частки текстурованого борошна складна, що пояснюється взаємодією вуглеводів текстурованого борошна з вологою, що виділяється з подрібненої м'язової тканини прісноводної риби.

Для оцінки зміни харчової цінності контрольних зразків котлет (табл. 2) при введенні в рецептури текстуратів горохового, рисового, гречаного та кукурудзяного борошна було розраховано вміст білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин, а також енергетичної цінності в готових виробах [4]. Аналіз даних табл. 2, показав позитивний вплив текстуратів, що вводяться до складу продукту на харчову цінність напівфабрикатів: масова частка білку (при використанні текстуратів кукурудзи та гороху) зростає на 10...50 % (залежно від рецептури і наповнювача, який був використаний); енергетична цінність досліджуваних продуктів менше контролю, тобто продукт низькокалорійний; у деяких ряді рецептурах помітне значне збільшення вмісту харчо-

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

вих волокон (клітковини). Використання горохового текстурату дозволяє виробляти продукти з підвищеним вмістом білка.

Таблиця 1 — Фізико—хімічні показники напівфабрикатів при введенні рослинних текстуратів

Рослинний наповнювач	%	Фізико—хімічні показники напівфабрикату			
		масова частка вологи, %	масова частка білку, %	масова частка золи, %	вологозв'язуюча здатність, %
Рисовий текстурат	5	68,3	10,2	1,11	55,5
	7,5	76,0	11,0	1,13	60,0
	10	72,4	11,7	1,17	65,2
	12,5	73,1	12,1	1,24	70,7
	15	74,4	12,8	1,40	76,0
Гороховий текстурат	5	70,1	10,9	0,92	60,0
	7,5	72,5	11,6	0,97	65,3
	10	74,2	12,4	1,01	70,0
	12,5	75,7	13,5	1,15	78,5
	15	76,6	14,3	1,22	85,0
Гречаний текстурат	5	69,1	10,6	1,19	58,6
	7,5	72,1	11,1	1,24	60,5
	10	73,0	11,7	1,31	64,8
	12,5	73,7	12,2	1,41	69,0
	15	74,2	12,5	1,46	73,2
Кукурудзяний текстурат	5	69,5	10,7	0,86	55,8
	7,5	71,0	11,4	0,94	60,2
	10	72,1	12,0	1,03	63,6
	12,5	72,8	12,5	1,17	70,0
	15	73,6	13,1	1,121	72,1
Контроль	—	72,2	9,4	1,4	60,0

Таблиця 2 — Харчова цінність напівфабрикатів складного сировинного складу
із м'яса прісноводних риб при додаванні рослинних текстуратів

Рослинний наповнювач	%	Масова частка білку, %	Енергетична цінність, кДж/100 г	Харчові волокна, %
Рисовий текстурат	5	10,2	586	0,17
	7,5	10,4	623	0,19
	10	10,4	657	0,19
	12,5	10,1	674	0,20
	15	10,1	724	0,21
Гороховий текстурат	5	10,9	552	0,25
	7,5	11,6	586	0,33
	10	12,4	615	0,41
	12,5	13,5	636	0,52
	15	14,3	661	0,67
Гречаний текстурат	5	10,3	577	0,17
	7,5	10,4	594	0,26
	10	10,3	623	0,34
	12,5	10,2	648	0,52
	15	10,2	669	0,69
Кукурудзяний текстурат	5	10,7	611	0,11
	7,5	13,4	628	0,17
	10	12,0	652	0,24
	12,5	12,5	670	0,28
	15	13,1	690	0,36
Контроль	—	9,4	724	0,13

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

В результаті експериментів прагнули не тільки підвищити кількість білка і харчових волокон у готовому продукті, а і зберегти його споживчі властивості (органолептичні показники якості) і показники безпеки. Тому для встановлення оптимальної масової долі досліджуваних текстуратів розглядали не тільки зміни масової частки білка при введенні компонента в рецептуру, а і вологі, енергетичну цінність і бальну органолептичну оцінку. При цьому були враховані одночасно всі чотири показники [5].

Таким чином, результати досліджень показали, що застосування текстурованого борошна рису у кількості 7,5 %, гречки — 10 %, кукурудзи — 12,5 %, гороху — 15 % дозволяє виготовляти фаршеві напівфабрикати, що володіють високою біологічною і харчовою цінністю з потрібними структурно—механічними властивостями. При цьому вироби з гороховим і кукурудзяним борошном володіють високим вмістом білка, а з додаванням рисового і гречаного борошна підвищеним вмістом мінеральних елементів і харчових волокон. При цьому встановлено, що використання рослинного компонента не змінює споживчі властивості готових виробів у порівнянні з продуктами, отриманими з традиційної сировини. При цьому поліпшуються структурно—механічні властивості продуктів, знижуються втрати маси та основних поживних речовин при тепловій обробці.

Література

1. Антипова, Л. В. Кулинарные рыбные изделия: Рецептурные композиции из рыбных фаршей и формованные изделия на их основе [Текст] / Л. В. Антипова, В. В. Батищев, И. Н. Головина // Рыбное хозяйство. — 2001. — № 2. — С. 53–54.
2. Богданов, В. Д. Растительные структурорегулирующие добавки в технологии рыбных формованных изделий [Текст] / В. Д. Богданов, Т. Д. Мамедова, А. В. Богданова // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 8. — С. 198–199.
3. Маслова, Г. В. Инновационные технологии переработки объектов водного промысла [Текст] / Г. В. Маслова // Пищевая промышленность. — 2004. — № 4. — С. 28–29.
4. Шаззо, Р. И. Современные аспекты совершенствования технологий комбинированных продуктов функционального назначения [Текст] / Р. И. Шаззо // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 9. — С. 7–10.
5. Remade, C. Functional foods, ageing and degenerative disease [Text] / C. Remade, B. Reusens. — Belgium: Universite Catholique de Louvain, 2004. — 320 p.

References

1. Antipova, L. V., Batishhev, V. V., Golovina, I. N. (2001). Kulinarne rybnye izdelija: Recepturnye kompozicii iz rybnyh farshej i formovannye izdelija na ih osnove. Rybnoe hozjajstvo, 2, 53–54.
2. Bogdanov, V. D., Mamedova, T. D., Bogdanova, A. V. (2003). Rastitel'nye strukturoregulirujushhie dobavki v tehnologii rybnyh formovannyh izdelij. Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja, 8, 198–199.
3. Maslova, G. V. (2004). Innovacionnye tehnologii pererabotki ob'ektov vodnogo promysla. Pishhevaja promyshlennost', 4, 28–29.
4. Shazzo, R. I. (2004). Sovremennye aspekty sovershenstvovaniya tehnologij kombinirovannyh produktov funkcional'nogo naznachenija. Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja, 9, 7–10.
5. Remade, C., and Reusens, B. (2004). Functional foods, ageing and degenerative disease. Belgium: Universite Catholique de Louvain, 320.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 006.83:639.38-046.48

ТОВАРОЗНАВЧА ОЦІНКА ТА РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ
ЩОДО ЯКОСТІ РИБНИХ ПРЕСЕРВІВ
TRADE ANALYSIS AND PROPOSAL DEVELOPMENT
FOR THE QUALITY OF FISH PRESERVES

Памбук С. А., канд. техн. наук

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

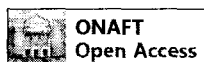
Pambuk S. A.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



В статті наведено результати проведеної товарознавчої оцінки п'яти зразків пресервів «Оселедець філе—шматочки в олії». Представлено результати дослідження маркування зразків пресервів на відповідність національним нормативним документам. За результатами проведених органолептичних досліджень побудовано профілографи запаху та смаку рибних пресервів, розроблена балова шкала для оцінки органолептичних показників якості консервів. Представлено результати фізико—хімічних досліджень рибних пресервів. За отриманими результатами досліджень сформульовано ряд рекомендацій щодо покращення якості рибних пресервів. Необхідно розширити вимоги до органолептичних показників якості рибних пресервів з урахуванням термінології, що використовується в міжнародних нормативних документах. Також потрібно розширити вимоги до фізико—хімічних показників якості продукції, зокрема зробити обов'язковими для контролю такі характеристики олії: кислотне та пероксидне число олії.

The article presents the trade analysis results for evaluation of the five fish preserve samples "Herring fillet—pieces in oil". The results of the study for preserve samples labeling against the national regulations are presented. The flavour and taste profilograms of the fish preserves are built, the point scale for the estimation of preserve quality organoleptic parameters is developed. The results of the physico—chemical studies of fish preserves are presented. Several recommendations are set forth in accordance with the obtained results to improve the fish preserves quality. It is necessary to afforce the requirements for organoleptic quality of this product in view of the terminology used in the international regulatory documents. It is necessary also to expand the requirements for physical and chemical parameters of product quality, particularly such features as «acid—degree value» and «peroxide value» need to be binding upon continuous monitoring.

Ключові слова: якість, товарознавча оцінка, рибні пресерви, нормативний документ.

Key words: quality, commodity evaluation, fish preserves, regulatory document.

Пресерви — це солоні, пряні і мариновані рибні продукти з додаванням різноманітних соусів або заливок і герметично закупорені у банки. Пресерви не підлягають стерилізації та іншій термічній обробці, але для забезпечення їх стійкості при зберіганні до рецептури пресервів обов'язково входить бензойнокислий натрій. Пресерви виготовляють з жирних соледозріваючих риб: оселедців, анчоусових, скумбрієвих, лососєвих та інших [1]. За своїми споживними властивостями пресерви є дуже близькі до бочкових солених, прямих і маринованих риб. Гастрономічні властивості рибних пресервів у порівнянні з соленою рибою вищі, що пояснюється більш широким рецептурним складом прянощів і меншими втратами тузлука. Культура торгівлі рибними пресервами також вища. Полегшується облік продукції. Однак рибні пресерви мають свої недоліки. Бензойнокислий натрій та оцтова кислота, які широко використовуються для виготовлення пресервів, певною мірою шкідливі для організму людини, особливо дітей. Тому нормативно—технічна документація нормує вміст цих речовин у пресервах.

На формування споживних властивостей пресервів впливають вид і якість риби, рецептура засольної суміші, технологія виготовлення. Високі споживні властивості мають пресерви, які виготовлені з доброякісних жирних соледозріваючих риб. Залежно від виду сировини, рецептури засольної суміші і виду розбирання розрізняють такі групи пресервів: спеціального,пряного і маринованого засолу, пресерви з розібраних риб в різних соусах і заливках, пресерви з морепродуктів, пастоподібні пресерви [2].

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Але останнім часом рибні пресерви користуються не високим попитом, їх асортимент представлений не досить широко. Отже постає питання стосовно їх якості, яка безпосередньо впливає на попит споживачів щодо продукції. Тому проведення товарознавчої оцінки рибних пресервів та розробка пропозицій щодо підвищення їх якості вважається актуальним.

Метою досліджень було виявлення проблем якості рибних пресервів шляхом проведення товарознавчої оцінки пресервів представлених на ринку України, аналізу діючої нормативної документації та, на основі отриманих результатів, розробка пропозицій щодо підвищення їх якості.

Для проведення досліджень було обрано найбільш розповсюджені на підприємствах торгівлі пресерви «Оселедець філе—шматочки в олії» чотирьох вітчизняних виробників і одного закордонного виробника (Білорусь). Необхідно зазначити, що всі зразки пресервів, що пройшли дослідження, виготовлені у відповідності до вимог технічних умов підприємств—виробників. Водночас, в Україні діє міждержавний стандарт ГОСТ 7453-86 «Пресервы из разделанной рыбы. Технические условия» [3], яким регламентовано основні показники якості та безпечності пресервів рибних, виготовлених із розібраної риби з додаванням рослинних олій, заливок та соусів.

Аналіз маркування споживчої тари пресервів проводили відповідно до вимог Технічного регламенту щодо правил маркування харчових продуктів, ГОСТ 11771—93 «Консервы и пресервы з риби і морепродуктів. Упаковка і маркування», ДСТУ 4518:2008 «Продукти харчові. Маркування для споживачів. Загальні правила» та Кодексу Аліментаріус «Маркування харчових продуктів. Повні тексти» [4—6].

Проаналізувавши вище перелічені нормативні документи з'ясували, що нормативний документ ДСТУ 4518:2008 «Продукти харчові. Маркування для споживачів. Загальні правила» встановлює найжорсткіші вимоги щодо маркування харчових продуктів.

За результатами проведеного дослідження повноти маркування рибних пресервів встановлено, що всі зразки мають недоліки маркування та відповідають вимогам чинних нормативних документів не в повній мірі. На маркуванні всіх зразків інформація надрукована дрібним шрифтом, є невдалі поєднання кольорів шрифту і фону, що зумовлює складнощі ознайомлення з нею. Також з недоліків, що зустрічаються на маркуванні, можна відмітити: не повністю зазначені поживна та енергетична цінність, відсутність інформації про імпортера, позначень та інформації, щодо сертифікації, фарба, якою нанесена дата виготовлення не стійка до стирання.

Органолептична оцінка має вирішальне значення при проведенні контролю якості продукту для споживача і не може бути повністю замінена вимірювальними методами, які доповнюють її.

Оцінку якості пресервів проводили на основі ГОСТ 26664—85 «Консервы и пресервы з риби та морепродуктів. Методи визначення органолептичних показників, маси нетто і масової частки складових частин» за такими показниками: смак, запах, консистенція, стан риби, наявність нальоту білкового походження та стан заливки.

Також при оцінюванні органолептичних показників якості рибних пресервів користувались інформацією щодо дескрипторів для рибних продуктів, зазначених в Кодекс «Руководящие принципы для сенсорной оценки рыбы и беспозвоночных в лабораториях (CAC GL 31—1999)» [7]. Результати органолептичних досліджень представлені у вигляді профілограм, які будували, використовуючи профільний метод [8].

Інтенсивність прояву запаху пресервів оцінювали за п'яти бальною словесною шкалою, яка вказує наскільки вираженими є показники. Рибний відповідний запах найбільш інтенсивно виражений в зразку № 5, сильно виражений — в зразках № 1, № 2 і № 3 та помірно виражений у зразку № 4, адже єдність усіх компонентів запаху пресервів має важливе значення при вживанні їх в їжу. Приємний запах притаманний рибі сильно виражений у зразку № 5, помірно виражений в зразках № 1, № 2 і № 3 та тільки упізнається у зразку № 4. Запах прянощів відсутній у всіх зразків, крім зразка № 3. Запах оцту тільки упізнається у зразку № 4 і сильно виражений у зразку № 1. Запах окисленого жиру відчувається у всіх зразках, зокрема слабо виражений в зразках № 1, № 2 і № 3, помірно — в зразку № 5 та найбільш інтенсивно — в зразку № 4. Сторонні запахи відчуються в зразку № 2 — слабо та в зразку № 3 — помірно (рис. 1).

Інтенсивність прояву смаку пресервів оцінювалася за шкалою у п'ять балів, яка вказує наскільки вираженими є показники у п'яти зразках досліджуваних пресервів. Найбільш виражений прийнятний смак спостерігався у зразках № 2 та № 5, помірно виражений у зразка № 3, слабо — у зразка № 1 і ледь упізнавався у зразка № 4. Зразок № 5 характеризувався помірно солоністю, солонішими були зразки № 1 та № 4, а зразки № 2 і № 3 були найсолонішими з представлених, тому і отримали оцінку «3». Смак риби, що дозріла має неабияке значення при оцінці пресервів, смак дозрілої риби сильно виражений у третього та п'ятого зразків, помірно виражений другого та четвертого зразків і слабо — у зразка № 1. Смак оцту взагалі не відчувається у зразків № 2 і № 5, тільки упізнається у зразка № 3, слабо виражений у зразка № 4 і сильно виражений в зразка № 1. Мильним, помірно вираженим смаком володіє лише зразок № 4, а гіркуватим — тільки зразок № 1 (рис. 2).

Для органолептичної оцінки пресервів була розроблена 100—бальова шкала (табл. 1). При її складанні було враховано, що зона позитивних оцінок повинна складати не менше 80 %. Після проведення дегустації пресервів результати були статистично оброблені. Узагальнення дегустаційних оцінок якості продукції виконували методом усереднювання.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

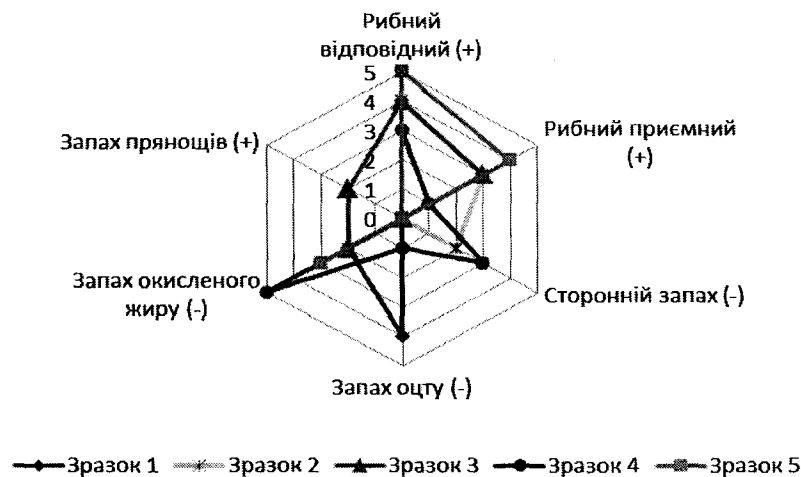


Рис. 1 — Профілограма запаху ри�них пресервів

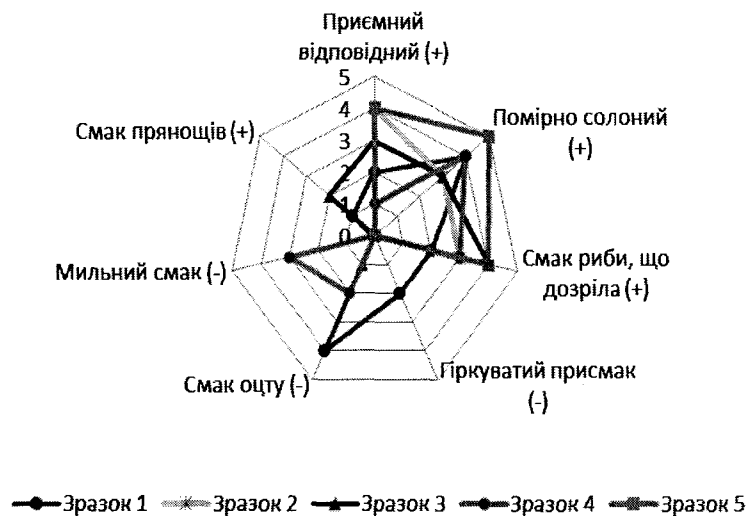


Рис. 2 — Профілограма смаку ри�них пресервів

№ 4, в межах норми у зразків № 1 і № 5 та завищена у зразків № 2 та № 3.

Буферна ємність пресервів свідчить про те, що вони навіть не почали своє дозрівання та мали би зберігатися на складі до тих пір, поки коефіцієнт буферної ємності став відповідати вимогам нормативної документації. Найвищий показник буферної ємності у зразка № 3 і це враховуючи те, що в його складі присутній прискорювач дозрівання. Недостатня буферна ємність пресервів свідчить про те, що на полиці пресерви потрапляють незрілими.

Кислотне число жиру у всіх зразків пресервів перевищує кислотне число соняшникової олії наприкінці терміну зберігання і має найменше значення у зразка № 4, трохи вище у зразка № 1 та № 5 і найвище у зразків № 2 та № 3.

Пероксидне число жиру у зразків № 1 та № 2 відповідає свіжій олії, у зразків № 3 та № 5 відповідає свіжій олії, але яка вже не підлягає зберігання, у зразка № 4 пероксидне число майже в 5 разів перевищує норму, що пояснює незадовільні органолептичні показники цього зразка пресервів, а також свідчить про зіпсованість олії та її шкідливість, для споживача.

Отже, дослідивши п'ять зразків пресервів за фізико—хімічними показниками якості можна зробити висновок, що всі зразки не відповідають вимогам зазначеним в нормативній документації за тими чи іншими показниками. Зокрема зразок № 1 — за буферною ємністю; зразок № 2 — за масою нетто, кількістю хлоридів та буферною ємністю; зразок № 3 — за всіма показниками, крім розміру шматочків; зразок № 4 — за усіма показниками; зразок № 5 — за масою нетто, буферною ємністю та пероксидним числом олії.

За результатами проведеної дегустації і розрахунку комплексного показника бальної оцінки пресервів, зробили висновок, що зразок № 2 та зразок № 5 знаходяться в межах відмінної якості. Зразок № 3 — знаходиться в межах доброї якості. Зразок № 1 та зразок № 4 — в межах незадовільної якості.

Для оцінки якості пресервів за фізико—хімічними показниками визначали найвагоміші з них, а саме масу нетто, розмір філе шматочків, масову частку хлоридів, які регламентуються нормативною документацією, а також ті показники, які доцільно контролювати на нашу думку: буферну ємність, кислотне число олії та пероксидне число олії. Результати визначення фізико—хімічних показників пресервів представлені в табл. 2.

Отже, визначивши масу нетто у п'яти зразках пресервів, можна зробити висновок, що лише у зразка № 1 вона відповідає зазначеній на упаковці з урахуванням можливого відхилення, а у зразка № 5 перебільшує масу нетто зазначену на упаковці, що стосується зразків № 2, № 3 і № 4, то в них усіх спостерігається менша маса нетто, ніж зазначена на упаковці, навіть якщо врахувати допустимі відхилення.

Розмір філе—шматочків представлених зразків знаходиться у межах норми. Масова частка хлоридів (кухонної солі) недостатня у зразка

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Таблиця 1 — Балова шкала для оцінки органолептичних показників рибних пресервів

Показник	Коефіцієнт вагомості	Оцінка	Характеристика показника
Зовнішній вигляд пресервів	3	5	Щільна укладка. Шматочки риби рівні, цілі, без зрізів, з мінімальною кількістю прихвостових шматочків
		4	Менш щільна укладка, майже однакові шматочки, без пошкоджень, присутні зрізи, невелика кількість прихвостових шматочків
		3	Нещільна укладка, майже однакові шматочки, без пошкоджень, присутні зрізи, помірна кількість прихвостових шматочків
		2	Нерівні, частково пошкоджені шматочки, велика кількість зрізів
		1	Нерівні, пошкоджені шматочки, лише зрізи і прихвостові шматочки
Смак	6	5	Притаманний, приємний, в міру солоний
		4	Притаманний, помірно приємний, солоний
		3	Притаманний, надто виражений смак солі або інших компонентів
		2	Не притаманний, маслянистий, гіркуватий
		1	Не притаманний, неприємний, мильний
Запах	7	5	Виражений, приємний, притаманний рибі, морський, гармонійний
		4	Виражений, притаманний, слабо відчуються інші запахи
		3	Слабо виражений запах риби, виражений запах інших компонентів
		2	Майже не відчувається запах риби, сильно виражений запах інших складових (оцту, спецій тощо)
		1	Не відчувається запах риби, відчувається прогірклий запах
Консистенція	4	5	Соковита, не жорстка
		4	Соковита, щільна
		3	Кашоподібна
		2	Пастоподібна
		1	3 ознаками розкладання

Беручи до уваги всі проведені дослідження, розробили ряд пропозицій щодо покращення якості пресервів. Найважливішими заходами, які потрібно провести є:

1. Розробка національного нормативного документу на пресерви на основі кодексу Аліментаріус, оскільки наявні нормативні документи, а саме міждержавний стандарт ГОСТ 7453—86 «Пресервы из разделанной рыбы. Технические условия» є застарілим та регламентує не всі показники, які на нашу думку є важливі.

Таблиця 2 — Результати визначення фізико—хімічних показників пресервів

Назва показника	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5	Вимоги нормативної документації та/або інформація нанесена на упаковці
Маса нетто, г	147,76	186,17	187,47	177,47	200,52	150; 200; 200; 180; 200; допустимі відхилення: -3 г; +/-9 г; -5 %; -4 %; -4,5 %
Розмір філе—шматочків, см	2,5	2,3	2,0	1,6...2,0	2,4	Не більше 3
Масова частка хлоридів, %	6,1	8,2	8,5	5,9	6,4	6...8 %
Буферна ємність, град	60	20	100	30	70	120...150 початок дозрівання; 150...220 активне дозрівання; 220 і більше перезрівання
Кислотне число олії, КОН/г	1,8	2,56	2,68	1,2	1,92	Для рафінованої соняшникової олії: від 0,25 у свіжовиробленої олії до 0,6 для олії наприкінці терміну зберігання
Пероксидне число олії, %	0,02	0,02	0,04	0,14	0,05	До 0,03 % — свіжа; 0,03...0,06 % — свіжа, не підлягає зберіганню; 0,06...0,1 — сумнівної свіжості; понад 0,1 % — зіпсована

2. Національний стандарт повинен чітко регламентувати норми та встановлювати вимоги до: сировини з якої виготовляють пресерви; правил пакування та маркування; органолептичних та фізико—хімічних показників готової продукції.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

3. Варто розширити вимоги до органолептичних показників якості рибних пресервів з урахуванням термінології, що використовується в міжнародних нормативних документах. Нами пропонуються вимоги, які потрібно використовувати (табл. 3).

Таблиця 3 — Рекомендовані вимоги до органолептичних показників рибних пресервів

Найменування показників	Характеристика і норма
Смак	Притаманий, присмний, властивий дозрілій рибі, в міру солоний
Запах	Чітко виражений, приємний, притаманий дозрілій рибі, морський. Допускається з ароматом прянощів, гарніру, соусу чи заливки, якщо вони входять до складу пресервів за рецептурою
Консистенція	Ніжна, соковита, щільна. Допускається кашоподібна наприкінці терміну зберігання
Стан риби	Тушки, філе, філе—шматочки, рулети мають бути цілими з рівними зрізами, щільно укладені з мінімальною кількістю прихвостових шматочків. Допускаються косі зрізи при механізованій укладці філе—шматочків; злегка перезріле м'ясо в місцях споживання; злипання окремих філе—шматочків, які дозріли, коли їх розділення можливе без пошкоджень
Наявність нальоту білкового походження	Допускається
Стан шкірних покривів (за наявності)	Цілі. Допускається незначне пошкодження шкіри у тушок, філе, рулетів, філе—шматочків
Стан заливки (колір, запах)	Властивий даному виду. Допускається желеподібний стан для пресервів з оселедця при тривалому терміні зберігання. Колір має бути притаманним кольору рафінованої олії. Запах притаманний олії з відтінком риби, без сторонніх

4. Потрібно розширити вимоги до фізико—хімічних показників продукції, зокрема включити до неї та зробити обов'язковими для контролю такі характеристики олій: кислотне число та пероксидне число олій, якою заливують основну сировину, оскільки якість олій напряму впливає на якість кінцевого продукту.

5. Проаналізувавши отримані дані фізико—хімічних досліджень встановили, що у всіх представлених зразків риба недозріла, тому варто встановити контроль сировини, яка потрапляє на виробництво, за буферною смістю.

Література

1. Сирохман, І. В. Товарознавство рибних і морепродуктів [Текст]: підручник / І. В. Сирохман, О. Я. Родак, М. К. Турчиняк. — Львів: «Растр-7», 2014. — 488 с.
2. Технология рыбы и рыбных продуктов [Текст]: учебник для вузов / В. В. Баранов, И. Э. Бражная, В. А. Гроховский и др.; под ред. А. М. Ершова. — Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. — 941 с.
3. Пресервы из разделанной рыбы. Технические условия [Текст]: ГОСТ 7453-86. — [Введен 2008-11-01]. — Москва: Стандартинформ, 2008. — 16 с. — (Межгосударственный стандарт).
4. Технічний регламент щодо правил маркування харчових продуктів [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. — [Чинний від 2011-02-11] — Режим доступу: \www/ URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0183-11> — Назва з екрана.
5. Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Упаковка и маркировка [Текст]: ДСТУ 4518:2008. — [Введен 2010-07-19]. — Москва: Стандартинформ, 2010. — 12 с. — (Межгосударственный стандарт).
6. Продукти харчові. Маркування для споживачів. Загальні вимоги. [Текст]: ДСТУ 4518:2008. — [Чинний від 2008-01-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2008. — 30 с. — (Національні стандарти України).
7. Руководящие принципы для сенсорной оценки рыбы и беспозвоночных в лабораториях [Текст]: САС GL 31-1999. — [Введен 1999-01-01]. — М.: Издательство «Весь мир», 2007. — 30 с. — (Стандарты Codex Alimentarius).
8. Родина, Т. Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров [Текст]: учебник для студентов вузов / Т. Г. Родина. — М.: Издат. центр «Академия», 2004. — 208 с.

References

1. Sirohman, I. V., Rodak, O. Ja., Turchinjak, M. K. (2014). Tovaroznavstvo ribnih i moreproduktiv. Lviv: Rastr-7, 488.
2. Baranov, V. V., Brazhnaja, I. Je., Grohovskij, V. A. (2006). Tehnologija ryby i rybnyh produktov. Sankt-Peterburg: GIORD, 944.
3. Preservy iz razdelannoj ryby. Tehnicheskie uslovija. (2008). GOST 7453-86. Moskva: Standartinform, 16.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

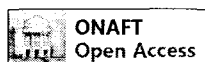
4. Tehnichnij reglament shhodo pravil markuvannja harchovih produktiv. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0183-11>.
5. Konservy i preservy iz ryby i moreproduktov. Upakovka i markirovka. (2010). GOST 11771-93. Moskva: Standartinform, 12.
6. Produkti harchovi. Markuvannja dlja spozhivachiv. Zagal'ni vimogi. (2008). DSTU 4518:2008. Kiev: Derzhspozhyvstandart Ukraini, 30.
7. Rukovodjashhie principy dlja sensornoj ocenki ryby i bespozvonochnyh v laboratorijah. (1999). CAC GL 31-1999. Moskva: Izdatel'stvo «Ves' mir», 30.
8. Rodina, T. G. Sensornyj analiz prodovol'stvennyh tovarov. (2004). Moskva: Izdat. centr «Akademija», 208.

УДК [663.938.8:005.936.5]-027.242

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ НА ОСНОВЕ КОФЕЙНОГО ШЛАМА
FUNCTIONAL INGREDIENTS BASED ON COFFEE SLUDGE**

Антипина Е. А., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
Antipina E. A.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Актуальным остается поиск источников функциональных ингредиентов для получения продуктов профилактического и оздоровительного направления. Особенный интерес вызывает получение функциональных ингредиентов из вторичного пищевого сырья, поскольку это позволяет решить проблему комплексного использования продовольственных ресурсов. Рассмотрены направления утилизации отхода производства растворимого кофе — кофейного шлама. На основании анализа его химического состава сделан вывод о целесообразности использования неусваиваемых углеводов — комплекса пищевых волокон либо доминирующих гемицеллюлоз, обладающих целым рядом полезных функционально—физиологических и функционально—технологических свойств. Установлен моносахаридный состав гемицеллюлоз, выделенных щелочной экстракцией, показана принадлежность их основного компонента к категории галактоманнанов. Дана характеристика некоторых сорбционных свойств кофейного шлама, определяющих физиологические эффекты комплекса пищевых волокон. Предложены варианты введения шлама как функционального ингредиента в пищевые продукты с целью улучшения органолептических показателей изделий, достижения необходимых реологических свойств, обогащения комплексом пищевых волокон, а также расширения ассортимента продуктов функционального и лечебно—профилактического назначения. При оценке органолептических показателей опытных образцов продуктов получены положительные результаты. Сделан вывод о возможности использования отходов производства растворимого кофе — кофейного шлама и его компонентов в пищевых целях, прежде всего, как источник нового вида пищевых волокон.

Searching for sources of functional ingredients to obtain preventive and health—improving products still is the issue of interest. Derivation of functional ingredients from secondary raw materials is of particular interest. Activity areas in the instant coffee production materials recovery — coffee sludge — have been considered. Based on the analysis of its chemical composition, the conclusion has been made of expediency for the use of either nondigestible carbohydrates — a mixture of dietary fibers, or a dominant hemicellulose having a number of useful functional—physiological and functional—technological properties. Monosaccharide composition of hemicellulose educed by the alkaline extraction confirms its affiliation with glucogalactomannans. The characteristic is given for some sorption properties of the coffee sludge, defining the physiological effect of dietary fibers complex. Options have been proposed for the introduction of the sludge as a functional ingredient to the food products aimed to improve organoleptic characteristics of products, to achieve the desired rheological properties, to enrich with the dietary fibers complex, as well as expanding the range of functional and therapeutic purposes products. Positive results have been obtained when assess-

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

ing the organoleptic properties of experimental samples of products. Conclusion: it turns out to be possible to introduce the instant coffee production materials recovery — coffee sludge — and its components to foods, primarily as a source of a new dietary fibers type.

Ключевые слова: функциональные ингредиенты, кофейный шлам, свойства пищевых волокон.

Key words: functional ingredients, coffee sludge, properties of dietary fiber.

Введение. В настоящее время продукты здорового питания уверенно занимают главное место в рационе людей, следящих за своим здоровьем и стремящихся как можно дольше оставаться энергичными, работоспособными и жизнерадостными. Поэтому расширение ассортимента как самих функциональных продуктов, так и функциональных ингредиентов, определяющих позитивные физиологические эффекты, является одной из задач современной пищевой науки. К функциональным ингредиентам относят биологически активные вещества (витамины, эссенциальные аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, биофлавоноиды и т. д.), пробиотики и пребиотики, а также пищевые волокна [1]. Среди последних наибольшее значение играют вещества углеводной природы — олигосахариды и полисахариды. Особенный интерес вызывает получение функциональных ингредиентов из вторичного пищевого сырья, в частности — кофейного шлама, побочного продукта производства растворимого кофе.

Литературный обзор. Постановка проблемы. Кофе натуральный растворимый изготавливают из кофейных зерен 1 и 2 сортов. После технологической обработки зерен (экстракции и фильтрации) остается твердый остаток — кофейный шлам. В зависимости от вида перерабатываемого сырья и режимов экстракции физико-химический состав его меняется, но в целом в шламе содержатся в основном те же вещества, что и в перерабатываемом исходном сырье. В отходах, образующихся при производстве растворимого кофе, количество водорастворимых экстрактивных веществ составляет 3,5...4 % на сухое вещество (с. в.), редуцирующих сахаров — 0,75...0,8 %, белков — 8,0...9,5 %, жиров — 9,6...10,5 %, зольных веществ — 4,0...4,5 %, клетчатки — 60...64 %; среди минеральных веществ — кальций и магний [2]. Таким образом, образующиеся при производстве растворимого кофе отходы содержат богатый набор полезных веществ, что определяет целесообразность их дальнейшей переработки.

Существуют несколько путей утилизации кофейного шлама, в том числе — извлечение остающихся в нем полезных компонентов. Чаще всего выделяют липидную фракцию — «кофейное масло», содержащее в значительных количествах дитерпеновые эфиры. Более половины жирных кислот приходится на ненасыщенные, в составе которых преобладает линолевая кислота. Показана возможность использования «кофейного масла» как заменителя импортируемого масла какао. Твердый остаток после извлечения липидов используют для культивирования пекарских дрожжей, а полученную биомассу далее применяют в качестве кормовой добавки, в частности, в рационе домашних птиц и животных [3, 4].

Предлагаются способы выделения отдельных компонентов кофейного шлама — ароматических и красящих веществ для дальнейшего их использования в качестве пищевых добавок [5].

Среди направлений непищевого профиля — изготовление пеллет на основе кофейного шлама и их использование в качестве биотоплива [6, 7], добавление шлама в строительные материалы, получение активированного угля и др.

Однако, исходя из химического состава отходов производства растворимого кофе, целесообразно рассмотрение направлений использования углеводных компонентов, преобладающих в шламе и имеющих определенные функционально—физиологические и функционально—технологические свойства. Основной вклад в углеводную составляющую вносят гемицеллюлозы, среди которых доминирующими считаются глюкогалактоманнаны и целлюлоза [2]. Так как кофейный шлам содержит значительное количество структурных углеводов, его можно рассматривать как природный источник комплекса пищевых волокон.

Пищевые волокна имеют многочисленные физиологические эффекты, определяющие нормальное функционирование организма. Среди этих эффектов — водоудерживающая способность и высокая сорбционная активность. Пищевые волокна связывают и выводят из организма значительные количества желчных кислот, выполняя тем самым гипохолестеринемическую функцию. А также адсорбируют различные метаболиты, токсины, ионы тяжелых металлов и другие ксенобиотики. Благодаря своему физиологическому действию, пищевые волокна снижают риск многих заболеваний, в том числе, связанных с обменом веществ: атеросклероза и сердечно—сосудистых заболеваний, диабета, дисбактериоза, онкозаболеваний и др. [8].

Концентраты пищевых волокон выделены из побочных продуктов переработки зерна пшеницы, ржи, овса, сои, ячменя, кукурузы. Они являются регуляторами обмена веществ и функций органов пищеварения [9]. Известно получение пищевых волокон чая. Чайный порошок после извлечения экстрактивных веществ добавляли в хлебобулочные изделия в количестве до 5 % к массе [1].

Гемицеллюлозы являются одним из компонентов комплекса пищевых волокон. Они широко используются в качестве функционально—технологических агентов в пищевых системах, благодаря таким свойствам как спо-

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

способность образовывать вязкие растворы, взаимодействовать с другими полисахаридами—структурообразователями с проявлением синергетического эффекта при формировании гелей различной текстуры, регулировать процесс синерезиса. Кроме того, галактоманнаны в составе продуктов способны проявлять физиологические эффекты, связанные с набуханием и реологией пищевых систем. Высокомолекулярные галактоманнаны имеют периферийное влияние на состояние желудочно—кишечного тракта, а также оказывают пребиотическое действие: их использование приводит к уменьшению частоты кишечных заболеваний, восстановлению состава кишечной микрофлоры, коррекции метаболизма липидов, стимуляции иммунной системы, снижению частоты онкозаболеваний [10].

Благодаря способности оказывать физиологическое действие на организм, углеводы кофе могут быть отнесены к функциональным ингредиентам, на основе которых возможно создание пищевых продуктов оздоровительного или функционального направления.

Основная часть. Целью данной работы являлось обоснование возможности использования кофейного шлама как источника пищевых волокон при получении продуктов питания.

Объектом исследования служил побочный продукт получения растворимого кофе на Одесском комбинате пищевых концентратов. В опытах использовали шлам, образующийся при переработке кофейных зерен сорта Арабика.

Таблица 1 — Химический состав кофейного шлама

Компоненты	Массовая доля, % на с. в.
Липиды	15,1
Белковые вещества	8,2
Гемицеллюлозы	12,9
Целлюлоза	61,5

Результаты исследования химического состава кофейного шлама (табл. 1) свидетельствуют, что в нем содержится 93 % сухих веществ, большую часть которых составляют углеводы.

Гемицеллюлозы извлекали из обезжиренного кофейного шлама щелочной экстракцией, осаждали этанолом и определяли их моносахаридный состав методом жидкостной хроматографии. В гидролизатах гемицеллюлоз установлено наличие маннозы, глюкозы и галактозы в соотношениях 8 : 1 : 1, соответственно. Таким образом, установили, что среди гемицеллюлоз преобладают маннаны. При сопоставлении полученных результатов с литературными данными можно полагать, что они представлены глюкоголактоманнанами. В то же время нельзя исключать наличия в гемицеллюлозной составляющей глюко— и галактоманнанов.

В связи с высоким содержанием — более 70 % полисахаридов — кофейный шлам может служить источником комплекса пищевых волокон. Нами были исследованы некоторые сорбционные свойства, позволяющие прогнозировать функционально—физиологические эффекты комплекса, в частности водоудерживающая способность, сорбция таких опасных экозагрязнителей окружающей среды как фенол и катионы свинца и сорбция метиленовой сини, величина которой позволяет прогнозировать степень связывания пищевыми волокнами условно патогенной микрофлоры (табл. 2).

Учитывая, что целесообразно выделять липидную фракцию из шлама для получения еще одного функционального ингредиента — кофейного масла, для исследования параллельно брали образцы необезжиренного и обезжиренного шлама. Обезжиривание сырья проводили гексаном в аппарате Сокслета.

Таблица 2 — Характеристика сорбционных свойств кофейного шлама

Объект исследования	Водоудерживающая способность, г/г сырья	Сорбция фенола, ммоль/г сырья	Сорбция катионов Pb ²⁺ , мг/г	Сорбция метиленового синего, мг/г
Кофейный шлам необработанный	3,04	0,20	1,73	1,45
Кофейный шлам обезжиренный	3,26	0,24	1,81	1,28

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что пищевые волокна кофейного шлама имеют водоудерживающую способность сопоставимую с таковой у пищевых волокон пшеничных отрубей, которые широко используются в диетическом и оздоровительном питании. Подтверждена сорбционная способность по отношению к экотоксикантам. По величине сорбции метиленового синего, можно дать приблизительную оценку сорбции условно патогенных микроорганизмов *E. coli*: для необработанного шлама показатель эквивалентен сорбции 150 млн, а для обезжиренного — несколько меньше, 135 млн микроорганизмов *E. coli* одним граммом сорбента.

Одним из путей использования углеводов кофейного шлама в качестве функционального ингредиента представляется его внесение в рецептуру хлебобулочных изделий. При этом ожидается проявление как физиологических эффектов пищевых волокон кофе, так и функционально—технологических эффектов углеводов как структурообразователей и компонентов, способных замедлять очерствение.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Проведена пробная выпечка мелких хлебобулочных изделий с добавлением кофейного шлама. За основу была взята рецептура сдобных булочек с корицей. В опытных образцах корицу заменили кофейным шламом: для внесения дополнительного количества пищевых волокон увеличили вдвое добавление шлама — 40 г на замес из 600 г муки (т. е. около 6 %). Содержание пищевых волокон в изделиях из муки высшего сорта не превышает 2,5 %; при добавлении корицы, которая, являясь измельченной корой, привносит дополнительное количество клетчатки, содержание пищевых волокон в булочках увеличивается до 3 %. А при внесении рекомендуемого количества кофейного шлама, по расчетам, содержание пищевых волокон увеличивается до 5 %. По результатам дегустации было отмечено, что булочки приобрели новые органолептические свойства: вкус и запах обогатились нотками, характерными для кофе. В целом органолептические показатели не ухудшились.

Рассмотрено еще одно интересное направление использования кофейного шлама — замена натурального кофе как ингредиента в креме для кондитерских изделий. Разработана рецептура и приготовлены опытные образцы нескольких кремов: кофейного крема с карамелью, заварного кофейного крема и кофейно—масляного крема. В каждой рецептуре заменяли кофейную составляющую на эквивалентное по массе количество кофейного шлама и производили с ним необходимые операции: заваривали водой либо молоком, настаивали, процеживали.

Внесение кофейного шлама в крем позволило увеличить в нем содержание пищевых волокон до 4 % в расчете на сухую массу и несколько снизить калорийность продукта. После изготовления опытные образцы подвергли органолептическому анализу (табл. 3).

Таблица 3— Рецептуры и органолептические характеристики кофейных кремов

Ингредиенты	Содержание ингредиентов	Органолептические показатели		
		вкус и запах	цвет	консистенция
Крем кофейно-масляный				
Сахар, г	200	Сладкий, привкус масла и кофе	Светло—коричневый	Густая, приятная
Молоко, см ³	120			
Яйцо, шт	1			
Масло сливочное, г	250			
Кофе натуральный (молотый), г	5			
Вода, см ³	120			
Заварной кофейный крем				
Сахар, г	150	Явный привкус и запах кофе	Коричневый	Упругая, плотная
Мука или крахмал, г	50			
Кофе растворимый, г	10			
Молоко, см ³	500			
Яичные желтки, шт	4			
Кофейный крем с карамелью				
Молоко, см ³	600	Ярко выраженный, характерный для кофе	Светло—коричневый с золотистой корочкой	Густая, желеобразная, вверху — хрустящая корочка карамели
Сахарная пудра, г	60			
Яйца, шт	4			
кофе натуральный (молотый), г	15			
Для карамели:				
сахарная пудра, г	150			
вода, см ³	20			

Все образцы имели отличные органолептические показатели, приобретали приятный светло—коричневый цвет, имели ярко выраженный привкус и аромат натурального кофе (очевидно, что в продукте присутствовали экстрактивные вещества, остающиеся в кофейном шламе), густую консистенцию. Дополнительным эффектом внесения кофейного шлама является экономия дорогостоящего ингредиента — кофе.

Выводы. Таким образом, на основании определения химического состава кофейного шлама и оценки его некоторых функциональных свойств, установлено, что отходы производства растворимого кофе могут служить натуральным источником нового вида пищевых волокон. Кофейный шлам как источник неусваиваемых углеводов может использоваться в качестве функционального ингредиента в хлебобулочных, кондитерских и т. п. изделиях. При этом достигается обогащение продукции пищевыми волокнами, улучшение органолептических показателей изделий, а также расширение ассортимента продуктов функционального и лечебно—профилактического назначения. Преобладание в гемицеллюлозной составляющей кофейного шлама маннана,

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ
У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

известных своими структурообразующими свойствами, является предпосылкой для дальнейшего изучения использования гемицеллюлоз кофе в пищевых системах.

Література

1. Сирохман, І. В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення [Текст] / І. В. Сирохман, В. М. Завгородня. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 544 с.
2. Нахмедов, Ф. Г. Технология кофепродуктов [Текст] / Ф. Г. Нефедов. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. – 184 с.
3. Башашкина, Е. В. Кофейный шлам как сырье для получения кормовой добавки [Текст] / Е. В. Башашкина, Е. А. Пашинина, А. Е. Пашинин, Н. А. Суясов // Успехи химии и химической технологии. – Вып. 13 (93), Т. 22. – 2008 – С. 38–40.
4. Башашкина, Е. В. Использование кофейного шлама для получения кофейного масла и микробиологической кормовой добавки [Текст] / Е. В. Башашкина, Н. А. Суясов, И. В. Шакир // Сотрудничество для решения проблем отходов: VIII международная конференция, 23–24 февраля 2011 г.: материалы конференции / Харьковский национальный экономический университет. – Харьков, 2011. – С. 45.
5. Патент RU № 2120952 РФ, МПК C09B61/00 Способ извлечения ароматических и красящих веществ из кофейных отходов в виде шлама [Текст] / И. Г. Мохначев, Н. А. Кудряшов – заявитель и собственник патента Кубанский государственный технологический университет (RU) – № 97110136/13; заявл. 16. 06. 1997, опубл. 27.10.1998.
6. Перетяка, С. М. Исследование пеллет на основе кофейного шлама [Текст] / С. С. Перетяка // Наукові праці ОНАХТ. – 2012. – Вип. 41, Т. 2 – С. 56–58.
7. Ряшко, Г. М. Совершенствование кофейного производства и утилизация отходов [Текст] / Г. М. Ряшко // Сотрудничество для решения проблем отходов: III международная конференция, 7–8 февраля 2006 г.: материалы конференции / Харьковский национальный экономический университет. – Харьков, 2006. – С. 135–137.
8. Капрельянц, Л. В., Функціональні продукти [Текст] / Л. В. Капрельянц, К. Г. Іоргачева. – Одеса: Друк, 2003. – 312 с.
9. Дудкин, М. С. Пищевые волокна [Текст] / М. С. Дудкин, Н. К. Черно, И. С. Казанская и др. – К.: Урожай, 1986. – 152 с.
10. Сафронова, Л. А. Цитотоксическое и ДНК-повреждающее действие пребиотических субстанций [Текст] / Л. А. Сафронова, С. И. Войчук, Б. Г. Сухов, В. С. Подгорский // Biotechnologia Acta – Вып. 6, Т. 6. – 2013. – С. 86–92.

References

1. Sirohman, I. V., Zavgorodnya, V. M. (2009). *Tovaroznnavstvo harchovih produktiv funktsionalnogo pryznachennya*. Kiev: Tsentr uchbovoyi literaturi, 544.
2. Nahmedov, F. G. (1984). *Tehnologiya kofeproduktov*. M.: Legkaya i pischevaya prom-t, 184.
3. Bashashkina, E. V., Pashinina, E. A., Pashinin, A. E., Sujasov, N. A. (2008). *Kofeynyiy shlam kak syirye dlya polucheniya kormovoy dobavki. Uspehi himii i himicheskoy tehnologii*, 13 (93), 22, 38–40.
4. Bashashkina, E. V., Suyasov, N. A., Shakir, I. V. (2011). *Ispolzovanie kofeynogo shlama dlya polucheniya kofeynogo masla i mikrobiologicheskoy kormovoy dobavki: Sotrudnichestvo dlja reshenija problem othodov: VIII mezhdunarodnaja konferencija: materialy konferencii / Har'kovskij nacional'nyj jekonomicheskij universitet*. Har'kov, 45.
5. Mohnachev, I. G., Kudrjashov, N. A. (1998). *Zajavitel' i sobstvennik patenta Kubanskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet. Patent RU No. 2120952, MPK S09V61/00. Sposob izvlechenija aromaticeskikh i krasjashhih veshhestv iz kofejnyh othodov v vide shlama*. [in Russian].
6. Peretyaka, S. M. (2008). *Issledovanie pellet na osnove kofeynogo shlama*. Naukovi pratsi ONAHT, 41, 2, 56–58.
7. Ryashko, G. M. (2006). *Sovershenstvovanie kofeynogo proizvodstva i utilizatsiya othodov: Sotrudnichestvo dlja reshenija problem othodov: III mezhdunarodnaja konferencija: materialy konferencii / Ha-r'kovskij nacional'nyj jekonomicheskij universitet*. Har'kov, 135–137.
8. Kaprelyants, L. V., Iorgacheva, K. G. (2003). *Funktsionalni produkti*. Odesa: Druk, 312.
9. Dudkin, M. S., Chernov, N. K., Kazanskaya, I. S., Vainshtein, S. G., Masik, A. M. (1986). *Pischevyie volokna*. Kiev: Urozhay, 152.
10. Safronova, L. A., Vojchuk, S. I., Suhov, B. G., Podgorskij, V. S. (2013). *Tsitotoksicheskoe i DNK-povrezhdauschee deystvie prebioticheskikh substantsiy. Biotechnologia Acta*, 6, 6, 86–92.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРІБСТВІ

УДК 663.256.1:577.11

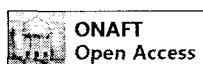
РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ЗАСТОСУВАННЯ ХІТОЗАНУ У ВИНОРІБСТВІ
DEVELOPMENT OF RATIONAL TECHNOLOGY OF CHITOSAN
APPLICATION IN WINEMAKING

Калмикова І. С., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Kalmykova I. S.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Стаття присвячена вивченню здатності природного полімеру хітозану сорбувати іони заліза із білих столових вин і розробці раціональної технології їх деметалізації. Автором проаналізовано шляхи потрапляння заліза у вино на різних етапах технологічного процесу. Наведено наслідки надмірного вмісту заліза у вині, а саме — появи таких пороків, як залізний кас і покоричневіння столових вин. Описано зміни зовнішнього вигляду та інших сенсорних характеристик столових вин під впливом цих пороків. Наведено технологічні схеми видалення заліза із вин із зазначенням їх недоліків. На основі аналізу недоліків існуючих у виноробстві деметалізаторів автором обґрунтовано актуальність використання нових ефективних та екологічно безпечних природних сорбентів—деметалізаторів, зокрема природного полімеру хітозану, одержаного з панцира камчатського краба. Метою дослідження стала розробка раціональної схеми видалення заліза з білих столових вин за допомогою хітозану. Для реалізації мети дослідження були поставлені наступні задачі: визначити вплив дози хітозану на ефективність абсорбції заліза з білих столових вин; оптимізувати підготовку суспензії хітозану до обробки вина; вивчити вплив хітозану на якість білих столових вин. В результаті наукової роботи було обґрунтовано оптимальну дозу хітозану для видалення заліза і фенольних речовин з білих столових виноматеріалів — 1 г/дм^3 ; показано, що достатньою умовою для набухання хітозану є витримка його водної суспензії протягом 1 години при температурі 20°C ; встановлено, що хітозан в оптимальній дозі $1,0 \text{ г/дм}^3$ не проявляє негативного впливу на фізичні, фізико—хімічні та органолептичні показники білих столових вин. Розроблена раціональна технологія деметалізації білих столових виноматеріалів продемонструвала перспективність застосування хітозану у виноробстві.

The article is devoted to investigation of the ability of a natural polymer chitosan to adsorb iron ions from white table wines and the development of rational technology of their demetallization.

The author analyzes the ways of iron penetration into wine at different stages of the technological process. The consequences of excess iron content in wine are given, namely, the appearance of malformations, such as iron casse and browning of table wines. The changes in appearance and other sensory characteristics of table wines under the influence of these vices are described. The technological schemes of iron removal from wines are given, including indication of their shortcomings.

Based on the analysis of deficiencies of demetallizers existing in winemaking, the author substantiates the relevance of the use of a new efficient and environmentally friendly natural sorbents—demetallizers, in particular, the natural polymer chitosan, derived from crab shell.

The aim of the study was to develop a rational scheme of removal of iron from white table wines with the help of chitosan. For the realization of the research objective the following tasks were set: to determine the effect of chitosan dose on the efficiency of iron absorption from white table wines; to obtain the treatment of chitosan suspension before wine processing; investigation of the influence of chitosan on quality of white table wines.

As a result of scientific work, the optimal dose of chitosan for the removal of iron and phenolic compounds from white table wine was proved — 1 g/dm^3 ; it was shown that a sufficient condition for the swelling of chitosan is isolation of its aqueous suspension for 1 hour at 20°C ; it was found that chitosan at an optimal dose of $1,0 \text{ g/dm}^3$ has no negative impact on the physical, physic—chemical and sensory characteristics of white table wines.

Developed rational technology of demetallization of white table wine materials has demonstrated promising

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

applications of chitosan in winemaking.

Ключові слова: сорбенти біологічного походження, хітозан, залізний кас, деметалізація вина.

Keywords: adsorbents of biological origin, chitosan, iron casse, demetallization of wine.

Аналіз численних публікацій, присвячених закономірностям протікання біохімічних процесів у вині, дозволяє зробити висновок, що однією з умов якості вина є відсутність в ньому іонів металів (зокрема іонів заліза) [1—3].

Залізо в кількості 3...5 мг/дм³ є природною складовою частиною винограду. Таке залізо, що перейшло в суло і вино з винограду, тобто природним шляхом, не має негативного впливу на стабільність вина, тому що його кількість, як правило, незначна.

Основні труднощі у виробництві пов'язані з надмірним вмістом заліза, яким вино збагачуються на різних етапах технологічного процесу. Залізо може потрапити у вино із землі, якою забруднюються низько розташовані грона винограду, а також при контакті з металевим виноробним обладнанням.

Підвищена концентрація заліза у вині (більше 10 мг/дм³) може викликати появу пороків вина хімічної природи під назвою залізний (чорний, синій, білий) кас. До таких помутнень схильні вина з низькою кислотністю (рН 3,6), зазвичай після аерації, а також після завершення яблучно—молочного бродіння. Чорний кас є результатом взаємодії заліза з конденсованими танінами. Синій кас — це результат взаємодії заліза з антоціанами. Білий кас утворюється при взаємодії заліза з фосфатами [3].

Залізний кас проявляється в тому, що трьохвалентне залізо, реагуючи з фосфатами і фенольними речовинами вина, утворює нерозчинні осаді різного кольору в залежності від вмісту заліза. Колір осадів може бути білуватим—сизим, фіолетовим—синім, чорним. При цьому вина втрачають гармонійний смак; білі вина мутніють, набувають брудно—бурого кольору, червоні — втрачають блиск і чорніють.

Відомо, що іони заліза є каталізаторами процесу окиснення: їх присутність у вині активізує протікання вільно—радикальних окислювальних реакцій [3]. Наслідком цього є поява пороку — покоричніння столових вин. Колір білих вин змінюється від солом'яного із зеленуватим відтінком до слабо—коричневого. Рубінове забарвлення червоних вин перетворюється на буре і навіть набуває кольору цегли. Також погіршуються аромат і смак вин: зникає сортовий аромат; букет і смак набувають мадерного тону; з'являється запах сухих трав і фруктів, що не є характерним для столових вин.

Таким чином, видалення заліза із вина є необхідним технологічним прийомом, який сприяє його стабілізації; знижує імовірність появи пороків; підвищує безпечність вина, адже залізо є ксенобіотиком, що потенційно володіє токсичними та канцерогенними властивостями.

Найпоширенішим засобом деметалізації вина є обробка неорганічними (жовта кров'яна сіль (ЖКС)) та органічними (фітин, двоводна тринатрієва сіль нітрилотриметилфосфорова кислота (НТФ), трилон Б) речовинами. Однак схеми обробки ними вин тривалі і трудомісткі. При великих масштабах їх використання виникають проблеми утилізації осадів, які небезпечні для здоров'я людини і забруднюють навколишнє середовище. Наприклад, обробка вин ЖКС вимагає особливо ретельного виконання і контролю, щоб повністю виключити ризик потрапляння у вино отруйних ціанідів.

З огляду на недоліки існуючих у виноробстві деметалізаторів (токсичність, неповне виведення металів, багатостадійність обробки, можливість виникнення повторних помутнень) і з ростом уваги до безпеки харчових продуктів вельми актуальним є пошук нових ефективних і екологічно безпечних природних сорбентів-деметалізаторів. З цієї точки зору викликає цікавість природний біополімер хітозан — продукт деацетилювання хітину. Унікальна структура хітозану зумовлює прояв цілого ряду привабливих властивостей, основними з яких є: здатність до селективного зв'язування важких металів; гігроскопічність і схильність до набухання; біодеградація під впливом ферментів хітинази і лізоциму; гіпоалергенність; відсутність токсичності [4]. Підвищена вибірковість хітозану до іонів важких металів дозволяє очікувати високу ефективність в процесі очищення вина від заліза [5].

Виходячи із вищевикладеного, метою нашої роботи було розробити раціональну схему видалення заліза із білих столових виноматеріалів за допомогою хітозану. Для реалізації мети дослідження були поставлені наступні задачі: визначити вплив дози хітозану на ефективність абсорбції заліза з білих столових виноматеріалів; оптимізувати підготовку суспензії хітозану до обробки виноматеріалу; вивчити вплив хітозану на якість білих столових вин.

Відомо, що здатність хітозану абсорбувати іони важких металів залежить від ряду показників: ступеня деацетилювання вихідного матеріалу, молекулярної маси, специфіки підготовки сорбенту до роботи, але перш за все — від природи сировини. Найбільш доступним джерелом отримання хітину і хітозану є панцири промислових ракоподібних [6].

Нами в якості об'єкту дослідження було вибрано препарат хітозану, одержаний із далекосхідної сировини — панцира камчатського краба (компанія «Сонат»). Хітозан вносили у вигляді 10-відсоткової водної суспензії.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРІБСТВІ

З метою вивчення впливу дози хітозану на абсорбцію заліза із білих столових виноматеріалів в якості модельних об'єктів досліджень використовувалися білі столові вина з винограду сорту Аліготе і Шардоне, які були виготовлені у виробничих умовах. Для підвищення вмісту заліза до значень, що в кілька разів перевищують гранично допустимі згідно з нормативними документами, в виноматеріали вносили розчин хлориду заліза $FeCl_3$.

В процесі досліджень використовували загальноприйняті методи аналізу. Для визначення впливу дози хітозану на вилучення заліза із вина в пробірки з досліджуваними модельними розчинами вносили 10-відсоткову суспензію хітозану у кількості від 0,5 до 4,5 cm^3 на 50 cm^3 вина. Вино із сорбентом перемішували струшуванням і залишали на 24 години при кімнатній температурі. Через добу сорбент відокремлювали фільтруванням, а у вині визначали масову концентрацію заліза методом, який базується на реакції комплексоутворення заліза (III) з гексаціаноферратом (2) калію в кислому середовищі. Отримані результати наведені у табл. 1.

Таблиця 1 — Вплив дози хітозану на ступінь сорбції заліза із вина

Суспензія хітозану $C = 10 \text{ г/100 см}^3$ на 50 cm^3 вина, cm^3	Кількість хітозану, $г/дм^3$	Аліготе		Шардоне	
		масова концентрація заліза, $мг/дм^3$	ступінь сорбції, %	масова концентрація заліза, $мг/дм^3$	ступінь сорбції, %
0,0	0,0	44,6	—	20,0	—
1,0	2,0	10,5	76,5	6,2	69,0
1,5	3,0	9,4	78,9	2,8	86,0
2,0	4,0	8,7	80,5	0,0	100,0
2,5	5,0	7,4	83,4	0,0	100,0
3,0	6,0	6,2	86,1	0,0	100,0
3,5	7,0	5,7	87,2	0,0	100,0
4,0	8,0	5,2	90,8	0,0	100,0
4,5	9,0	4,1	92,6	0,0	100,0

Із даних, представлених в табл. 1, видно, що підвищення дози хітозану із 2 $г/дм^3$ до 9 $г/дм^3$ призводить до збільшення ефективності сорбції заліза з вина Аліготе з 77 % до 94 %. При обробці вина Шардоне із збільшенням кількості хітозану з 2 $г/дм^3$ до 4 $г/дм^3$ ступінь сорбції заліза швидко зростає і досягає 100 %.

Для уточнення дози хітозану було проведено повторне дослідження, яке показало, що ефективне (нижче 10 $мг/дм^3$) видалення заліза з вина досягається вже при дозі 1 $г/дм^3$ (табл. 2).

Таблиця 2 — Уточнення дози хітозану при обробці вина Аліготе

Суспензія хітозану $C = 10 \text{ г/100 см}^3$ на 50 cm^3 вина, cm^3	Кількість хітозану, $г/дм^3$	Масова концентрація заліза, $мг/дм^3$	Ступінь сорбції, %
0,0	0,0	38,5	—
0,5	1,0	9,4	75,6
1,0	2,0	8,4	78,2
1,5	3,0	7,6	80,1
3,0	6,0	5,1	86,8

З метою оптимізації підготовки суспензії хітозану проводили обробку модельного зразка вина суспензією після набухання протягом 1 год та 24 год при температурі 20 °C (табл. 3).

Таблиця 3 — Вплив часу набухання хітозану на ефективність деметалізації вина

Суспензія хітозану $C = 10 \text{ г/100 см}^3$ на 50 cm^3 вина, cm^3	Кількість хітозану, $г/дм^3$	Масова концентрація заліза, $мг/дм^3$	
		час набухання 1 год	час набухання 24 год
0,0	0,0	38,0	38,5
0,5	1,0	8,9	9,4
1,0	2,0	7,4	8,4
1,5	3,0	6,6	7,6
3,0	6,0	5,1	5,1

Відомо, що при набуханні хітозану відбувається збільшення питомої поверхні сорбенту та зростає його реакційна здатність [5]. Однак, отримані дані свідчать про те, що підвищення часу набухання хітозану з 1 год до 24 год не виявляє значного впливу на ефективність деметалізації вина.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

Згідно із літературними даними, хітозан, завдяки високомолекулярній масі та лінійній структурі молекули, є засобом підвищення в'язкості емульсій при низьких значеннях рН [6]. З метою визначення впливу дози хітозану на зміну в'язкості у винах визначали кінематичну в'язкість за допомогою капілярного скляного віскозиметра ВПЖ—4.

Отримані результати представлені в табл. 4, з яких випливає, що кінематична в'язкість вина до і після обробки різними дозами хітозану практично не змінилася.

Таблиця 4 — Вплив дози хітозану на кінематичну в'язкість вина Аліготе

Суспензія хітозану $C = 10 \text{ г/100 см}^3$ на 50 см^3 вина, см^3	Кількість хітозану, г/дм^3	Час витікання вина, с	Кінематична в'язкість, $\text{мм}^2/\text{с}^2$
0,0	0,0	143	4,97
0,5	1,0	137	4,77
1,0	2,0	136	4,73
1,5	3,0	134	4,66
2,0	4,0	138	4,80
2,5	5,0	135	4,70
3,0	6,0	137	4,77
3,5	7,0	135	4,70
4,0	8,0	136	4,73
4,5	9,0	136	4,73

З літературних джерел відомо [5], що використання великих доз хітозану ($3 \dots 4 \text{ г/дм}^3$) призводить до зміни величини рН і масової концентрації титрованих кислот, що є небажаним при обробці малоокислених вин. Крім того, завдяки наявності різних функціональних груп, хітозан є ефективним сорбційним матеріалом, який селективно утримує не тільки метали, але і поліфеноли. Тому було доцільним вивчити вплив обробки хітозаном вина Шардоне на ряд його показників (табл. 5).

Таблиця 5 — Вплив обробки хітозаном на якість вина

Кількість хітозану, г/дм^3	рН	Об'ємна частка спирту, %	Масова концентрація		
			титрованих кислот, г/дм^3	фенольних речовин, мг/дм^3	заліза, мг/дм^3
0,0	3,3	10,9	5,1	280,00	39,5
1,0	3,4	10,8	5,2	236,18	9,7
2,0	3,3	10,9	5,1	221,47	8,4
3,0	3,3	10,9	5,1	215,13	7,6
6,0	3,2	10,9	5,2	203,70	5,5

Аналіз даних, представлених в табл. 5, показує, що внесення хітозану у вино в кількості $1 \dots 6 \text{ г/дм}^3$ істотно не впливає на величину рН, загальну титровану кислотність і об'ємну частку етилового спирту. Найбільше зменшення масової концентрації фенольних речовин спостерігається при внесенні хітозану у кількість 6 г/дм^3 (на 27,3 %), а при внесенні 1 г/дм^3 зниження їх концентрації у вині є незначним (на 15,7 %).

Дослідження підтвердили здатність хітозану сорбувати фенольні речовини, що для білих столових вин є позитивним фактором.

Була проведена органолептична оцінка зразків білих столових вин, оброблених хітозаном в дозі 1 г/дм^3 . Дегустація показала, що дана схема стабілізації вин до металевих помутнінь не погіршує їх органолептичні властивості.

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

— в результаті наукової роботи обґрунтовано оптимальну дозу хітозану для видалення заліза і фенольних речовин з білих столових виноматеріалів — 1 г/дм^3 ;

— показано, що достатньою умовою для набухання хітозану є витримка його водної суспензії протягом 1 години при температурі 20°C ;

— встановлено, що хітозан в оптимальній дозі $1,0 \text{ г/дм}^3$ не виявляє негативного впливу на фізичні, фізико-хімічні та органолептичні показники білих столових вин.

Таким чином, розроблена раціональна технологія деметалізації білих столових виноматеріалів продемонструвала перспективність застосування хітозану у виноробстві.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

Література

1. Валуїко, Г. Г. Стабілізація виноградних вин [Текст] / Г. Г. Валуїко, В. І. Зинченко, Н. А. Мехузла. – 3-е изд., доп. – Симферополь: Таврида, 2002. – 208 с.
2. Агеева, Н. М. Стабілізація виноградних вин: теоретическіе аспекти і практическіе рекомендації [Текст] / Н. М. Агеева – Краснодар: Просвещение-Юг, 2007. – 251 с.
3. Кишковский, З. Н. Технология вина [Текст] / З. Н. Кишковский, А. А. Мержаниан. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 504 с.
4. Хитин и хитозан: получение, свойства и применение [Текст] / Под ред. К.Г. Скрыбина, Г.А. Вихорева, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
5. Маметнабиев, Т. Э. Деметаллизация вин хитинсодержащими сорбентами и биосорбентами на их основе [Текст]: дис. ... канд. хим. наук: 03.00.23, 02.00.02: защищена 23.12.05 / Маметнабиев Тажир Эскерович. – М., 2005. – 115 с.
6. Немцев, С. В. Комплексная технология хитина и хитозана из панциря ракообразных [Текст] / С. В. Немцев. – М: ВНИРО, 2006. – 134 с.

References

1. Valuyko, G. G., Zinchenko, V. I., Mehuzla, N. A. (2002). Stabilizatsiya vinogradnyih vin (3rd ed.). Simferopol, Ukraina: Tavrida, 208.
2. Ageeva, N. M. (2007). Stabilizatsiya vinogradnyih vin: teoreticheskie aspekty i prakticheskie rekomendatsii. Krasnodar, Rossiia: Prosveschenie-Yug, 251.
3. Kishkovskiy, Z. N., Merzhanian, A. A. (1984). Tehnologiya vina. Moskva, Rossiia: Legkaya i pischevaya promyshlennost, 504.
4. Skryabin, K. G., Vihoreva, G. A., Varlamov, V. P. (2002). Hitin i hitozan: poluchenie, svoystva i primenenie. Moskva, Rossiia: Nauka, 368.
5. Mametnabiev, T. E. (2005). Demetallizatsiya vin hitinsoderzhaschimi sorbentami i biosorbentami na ih osnove: dis. ... kand. him. nauk. Moskva, Rossiia, 115.
6. Nemtsev, S. V. (2006). Kompleksnaya tehnologiya hitina i hitozana iz pantsirya rakoobraznyih. Moskva, Rossiia: VNIRO, 134.

УДК 663.44/45:663.123-913.1:57.017-056.13

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА ТОВ «ПИВОВАРНЯ «ОПІЛЛЯ» INTENSIFICATION DIGESTION PROCESS OF BEER WORT IN LLC «PIVOVARNYA «OPILLYA» MANUFACTURE

Мельник І. В., канд. техн. наук, доцент, Чуб С. А., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Melnik I. V., Chub S. A.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Ефективність виробництва пива визначається тривалістю основних процесів технологічного циклу. Головною та найбільш тривалою стадією є зброджування пивного сусла та дозрівання молодого пива. Одним з напрямків підвищення ефективності бродіння є використання препаратів активних сухих дріжджів. Основними перевагами сухих дріжджів є їх доступність, гнучкість у використанні, легкість транспортування і можливість довготривалого зберігання.

Розмноження дріжджів в пивному суслі обмежується в зв'язку з нестачею в ньому асимілюючого азоту, солей цинку, заліза і пантотенової кислоти. Нестача заліза може компенсуватися іонами магнію, концентрація яких в декілька раз перевищує потреби дріжджів, в той час як ліміт іонів цинку, пантотенової кислоти і

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

амінного азоту може бути заповнений внесенням цих компонентів в пивне сусло. З цією метою при отриманні пива для збагачення середовища факторами росту і мікроелементами використовують різноманітні препарати і «підкормки» для дріжджів.

Для дослідження був відібраний штам дріжджів Saflager W-34/70 від Weihenstephan, який використовується в пивоварній промисловості для виробництва пива низового бродіння. Цей штам дозволяє отримати добре збалансоване пиво з фруктовим і квітковим ароматом та тонким смаком. Раса має високу здатність до утворення пластівців і загальний вміст залишкових цукрів 5 г/л, що відповідає 83 % видимої здатності до зброджування. Для порівняння в якості контролю досліджувалось сусло без внесення БАР.

В ході роботи у виробничих умовах для активації життєдіяльності сухих дріжджів раси W 34/70, було обґрунтовано доцільність використання БАР неорганічного походження в технології двох сортів пива — «Опілья «Гайдамацьке» (світле) і «Опілья «Княже» (темне).

Efficiency of brewing determined by the duration the basic processes of technological cycle. The main and longest stage is the fermentation of beer wort and maturation of young beer. One of directions for improving the efficiency of fermentation is the use drugs active dry yeast. The main advantage of dry yeast is their accessibility, flexibility in use, ease transportation and the possibility of long-term storage.

Reproduction of yeast in beer wort is limited due to the lack of nitrogen assimilating, salts of zinc, iron and pantothenic acid. Lack of iron can be compensated magnesium ions, the concentration of which exceeds several times the need yeast, while the limit for zinc ions, pantothenic acid and amine nitrogen can be filled with the introduction of these components in beer wort. With this aim in obtaining beer for enrichment growth factors and micronutrients using various drugs and «nutrient» for yeast.

For exploration was accepted yeast strain Saflager W-34/70 of Weihenstephan, which used in the brewing industry to produce beer of bottom fermentation. This strain provides a well-balanced beer with a fruity and floral aroma and delicate taste. Race has a high capacity for formation flakes and total content of residual sugar 5 g/ch, corresponding to 83% of the apparent ability to fermentation. For comparison, was made a control without making wort researched BAR.

During the work in a production environment to activate the life of dry yeast race W 34/70, was expediency the using of inorganic BAR in technology of two sort of beer — «Opillya «Haidamatske» (light) and «Opillya «Knyage» (dark).

Ключові слова: пивоварні сухі дріжджі, пивне сусло, ступінь зброджування, головне бродіння, пиво.

Keywords: brewery, dry yeast, beer wort, degree of fermentation, the main fermentation beer.

Постановка проблеми у загальному вигляді. За роки незалежності український ринок пива пройшов періоди спаду, стабілізації та оновлення. На ринку відбулося залучення іноземних інвестицій, що в свою чергу призвело до укрупнення виробників, зміцнення позицій одних пивних брендів та послаблення інших, розширення асортименту в різних цінових категоріях, створення великої кількості міні—пивоварень, ресторанів—пивоварень.

Але за останні роки обсяг виробництва пива в Україні скоротився. Експерти та учасники ринку виділяють кілька ключових причин падіння обсягів виробництва. Першочергово проти пивоварів зіграли загальні негативні тренди в українській економіці. Реальні доходи українців за останні роки особливо не зросли, а впевненість у завтрашньому дні залишається на низькому рівні. Друга причина — зростання вартості пива. За минулі роки середня роздрібна ціна на пляшку пива зросла на 11 %. Пивовари говорять, що причиною подорожчання хмільного напою є підвищення цін на сировину, паливо та електроенергію. Окрім економічних факторів на галузь вплинули і регуляторні ініціативи. На об'ємах продажів негативно позначилося підвищення податку на хмелярство (з 1 % до 1,5 %) та збільшення акцизів на напій. Так, у 2014 році акциз пива був підвищений на 42,5 %. Також негативно відбилася на пивоварінні відмова Росії у закупці пива українських компаній «Оболонь» і «Сан Інбев Україна».

Низька платоспроможність і зростання ціни позначається і на тому, яке пиво споживають українці. Якщо на протязі декількох попередніх років спостерігалася міграція любителів пива із середнього сегменту в обидві сторони — в економ і преміум, то зараз рух «вгору» зупинився. Покупці схильні до купівлі пива подешевше. Ще одна не менш важлива причина — погодні умови. В Україні пиво — продукт сезонний, продажі якого досить сильно залежать від погодного чинника. Особливої спеки в минулі роки не спостерігалось, що не могло не позначитися і на продажах [1].

Скорочення пивного ринку відбувається в першу чергу за рахунок найбільших вітчизняних виробників пива — «Оболонь», «Сан Інбев Україна», «Карлсберг Україна». Невеликі регіональні компанії — «Пивоварня «Опілья», «Хмільпиво», «Уманьпиво», «Бердичівське» навпаки демонстрували зростання продажів.

Перераховані фактори спонукають українських виробників пива скорочувати обсяги виробництва, задіювати лише половину виробничих потужностей.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

Але після внесення змін до Закону України «Про державне регулювання виробництва та обороту спирту етилового, коньячного та плодового, алкогольних напоїв і тютюнових виробів», з 1 липня 2015 року пиво прирівнюється до алкогольного напою. Діяльність з виробництва імпорту, експорту, оптової та роздрібною торгівлі пивом підлягає ліцензуванню на загальних підставах, передбачених для алкогольних напоїв.

Згідно цього закону пивоварні заводи і великих, і малих потужностей мають придбати ліцензію на право оптового продажу вартістю 500 тис. гривень. І якщо для великих пивзаводів ця сума не є значною, то для міні-пивоварень вона часто перевищує річний дохід. Все це сприяє знищенню малого бізнесу та інвестиційному клімату, шкодить конкуренції і закриває шлях новим починанням у цій галузі.

Також, з 1 липня набирає чинності велика кількість технічних змін, які необхідно вводити у виробничий процес. Це норми, які включають вимоги до рецептур, пакування, маркування, регламентів по відношенню до виробничого процесу, акцизних марок на імпортований продукт і т. п.

Також занепокоєння пивоварам додають і цифри: згідно повідомлення галузевої компанії «Укрпиво» [1], обсяг виробництва пива в Україні з кожним роком знижується. Обсяг виробництва пива в період з 2012 року до 2015 рік наведений на рис. 1.

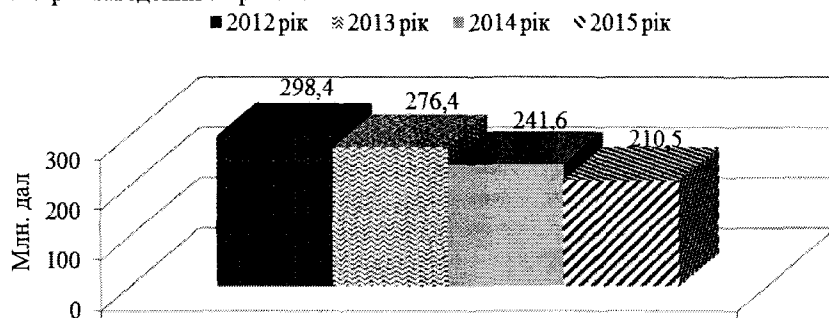


Рис. 1 — Обсяг виробництва пива в Україні у 2012...2015 рр

Економічні умови на сучасному етапі розвитку пивоваріння вимагають нових підходів для вирішення проблем підвищення конкурентоспроможності пивоварних підприємств. В зв'язку з цим, однією з головних задач сучасного пивоваріння є пошук шляхів зниження собівартості готового продукту, постійне підвищення ефективності виробництва, покращення якості готового продукту і роз-

ширення асортименту продукції, що випускається. При цьому найважливішими у готовому напої є його органолептичні показники.

Ефективність виробництва пива визначається швидкістю основних процесів його виробництва. Проблема підвищення якості пива достатньо важка в зв'язку з неоднорідним складом природної сировини, що впливає на склад, органолептичні показники, смакові і ароматичні характеристики напоїв.

Найбільш тривалою стадією виробництва пива є зброджування пивного суслу і дозрівання молодого пива. Результативність біотехнологічних процесів, що проходять в процесі зброджування пивного суслу, визначається в першу чергу якістю сировини. Величезну роль при цьому відіграють властивості дріжджів, які використовуються, адже вони характеризуються різною здатністю до споживання компонентів суслу та утворенням різноманітних метаболітів в кількісному та якісному відношенні, що впливають на якість готового пива. На сам процес бродіння і якість пива суттєво впливає фізіологічний стан дріжджів. Фізіологічно активні дріжджі можуть бути отримані лише при відсутності дефіциту поживних речовин. Дефіцит поживних компонентів зростає при використанні погано розчиненого солоду, зернових несолоджених матеріалів, мальтозної патоки і цукру. В результаті знижується інтенсивність розмноження дріжджів, падає швидкість бродіння, збільшується його тривалість, знижується кінцева ступінь зброджування суслу. Це, в свою чергу, призводить до зміни смакового профілю пива і зменшення знімання насінневих дріжджів і зниження їх фізіологічної активності.

Одним з напрямків підвищення ефективності технологічних процесів у виробництві пива є використання препаратів активних сухих дріжджів. Основними перевагами сухих дріжджів є їх доступність, гнучкість у використанні, легкість транспортування і можливість довготривалого зберігання. Але життєздатність таких дріжджів в більшості випадків знижена. Тому перед бродінням їх необхідно не лише реактивувати, але і провести їх активацію.

Не дивлячись на те, що раси сухих пивних дріжджів в наш час широко використовуються на виробництві пива, в літературі відомості про способи їх активації з метою управління їх життєдіяльністю, подальшого скорочення головного бродіння і покращення якості готового продукту, різняться і недостатньо аргументовані, а іноді і суперечливі.

Для активації життєдіяльності сухих дріжджів як в процесі бродіння суслу, так і при зберіганні, використовують біологічно активні речовини різноманітного складу (однокомпонентні і багатокомпонентні), які поєднують в собі мінеральні і органічні речовини. Використання цих препаратів пришвидшує зброджування суслу, запобігає уповільненню і зупинці бродіння, зменшує тривалість процесу, сприяє глибокому зброджуванню екстракту, підвищує стійкість дріжджів до автолізу.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пивні дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* являються найважливішими мікроорганізмами для виробництва пива. Властивості цих мікроорганізмів визначають (поряд з солодом, хмелем і водою) якість готового пива і у багатьох випадках — вибір методу бродіння і доброджування. Більшість мікологів в своїх працях використовують класифікацію Крегер-ван Рія, згідно якої дріжджі, які використовуються в пивоварінні, відносяться до царства грибів *Mycota*, до відділу *Eumycota*, до класу *Ascomycetes*, сімейству *Saccharomycetaceae*, роду *Saccharomyces*, виду *cerevisiae* [2, 3].

Біологія і біохімія дріжджових мікроорганізмів всебічно вивчається: щорічно публікується велика кількість статей, які розширюють уявлення про дріжджові клітини як про мікроорганізми. Існує декілька систем класифікації дріжджів, в основу яких покладені способи розмноження, особливості метаболізму та інші ознаки. Необхідною умовою для процесу приготування пива, як з точки зору якості готового продукту, так і економічної доцільності, являється підготовка достатньої кількості насінневих дріжджів потрібної якості для внесення в суцільно згідно виробничого графіку. В останні десятиліття вимоги до якості пива сильно зросли. Це стосується мікробіологічної, колоїдної і органолептичної стабільності, а також піноздатності. Щоб забезпечити смакоароматичну стабільність пива на протязі всього терміну зберігання, необхідно відповідним чином перебудувати систему ведення дріжджів. Сучасні вимоги до якості кожної партії виробничих дріжджів, особливо до їх мікробіологічної чистоти і фізіологічного стану, набагато вищі, ніж це було раніше. Виросла потреба в насінневих дріжджах, які володіють всіма якісними ознаками тільки що розведеної чистої культури, оскільки повторне використання зібраних дріжджів в наш час через вимоги мікробіологічної безпеки сильно скоротилося.

Активні сухі дріжджі достатньо давно застосовують як альтернативу пресованим свіжим дріжджам у хлібопекарській промисловості. Технологічний процес виробництва таких дріжджів здійснюється способом: періодичного зброджування, центрифугування, накопичення дріжджової маси, проходження ротаційного вакуум-фільтра, безперервного сушіння у тунельних стрічкових сушарках. Висушені дріжджі швидко охолоджують, запаковують у пакети з інертним середовищем, що містить азот, двоокис вуглецю, або під вакуумом для забезпечення їх довготривалої стабільності. Швидке та кероване сушіння дріжджів дає змогу майже повністю зберегти їх початкову життєздатність та активність. За температури 4 °C 80 % дріжджів зберігають свою початкову активність протягом тривалого часу, а за температури 10 °C виробники гарантують збереження якості сухих пивоварних дріжджів до двох років [3—5].

Не дивлячись на те, що активні сухі хлібопекарні дріжджі були об'явлені «технічним тріумфом», сухі пивні дріжджі не мали успіху через низьку і нестабільну життєздатність. Тим не менше, публікації кінця 1990-тих рр. змусили провести переоцінку можливостей промислових активних сухих дріжджів. Пізніше, їх маркетинг, у якому основна увага приділялася первинному зброджуванню, перемістився до використання активних сухих дріжджів в якості доповнення або заміни розведення дріжджів. Очевидно, що поряд із спрощенням транспортування і можливістю їх зберігання при 10 °C до двох років, основними перевагами сухих дріжджів є їх доступність, гнучкість у використанні, легкість транспортування і можливість довготривалого зберігання. В залежності від масштабу і попиту на активні сухі дріжджі, їх безперечно можна розглядати в якості заміни лабораторної стадії розведення дріжджів. З використанням сухих дріжджів розведення дріжджів на пивзаводі стає складнішим. Якщо підприємство вже працює, то воно навряд чи перейде на цю технологію, але при відсутності обладнання для розведення дріжджів, активні сухі дріжджі безперечно можуть зіграти свою роль [5, 6].

Активні сухі пивоварні дріжджі все більше позиціонуються як «багатофункціональні», причому їх використання і можливості змінюються від міні—пивоварень до підприємств національного значення. Як вже було відмічено, можливості зв'язані з тим, в якій степені сухі дріжджі можуть замінити існуючу технологію. Вже відомо, що якщо норми засіву встановлюються по життєздатності дріжджів, то активні сухі дріжджі в першій і наступних генераціях можуть бути доволі ефективними по якості пива і за показниками бродіння [6].

Не дивлячись на багато очевидних можливостей використання активних сухих дріжджів, необхідно розглянути і їх недоліки. Основне занепокоєння викликає їх життєздатність, так як після регідратації вона складає лише близько 50...80 %, а при більш низькій життєздатності дріжджів вимірювання життєздатності більш оптимістичне. Не дивлячись на те, що по життєздатності може бути скоректована норма засіву, значна кількість біомаси — це мертві дріжджові клітини, що для забезпечення стабільності пива не досить добре. По-друге, враховуючи масштаби виробництва активних сухих дріжджів, не дивно, що вони мікробіологічно менше чисті, чим дріжджі, які отримані шляхом розведення в лабораторних умовах або на виробництві. Існує думка, що ці бактеріальні контамінанти не є мікроорганізмами—шкідниками пива і, отже, викликають менше занепокоєння. Додатковим фактором являється процедура регідратації сухих дріжджів, яка повинна виконуватися у відповідності з інструкціями фірми—постачальника дріжджів. Таким чином для забезпечення відмінного фізіологічного стану дріжджів, підвищення їх життєздатності, їх необхідно активувати фізичними або хімічними методами активації.

Отже, використання активних сухих дріжджів дає певні реальні можливості для інновацій в процедурі розведення дріжджів в пивоварінні. Визначними факторами успіху тут являються життєздатність дріжджів і відсу-

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

тність контамінантів — інших штамів, диких дріжджів або бактерій. Звичайно, необхідно підвищувати життєздатність дріжджів і зменшити ризик контамінації.

Фізіологічно активні дріжджі можуть бути отримані лише за умови відсутності дефіциту поживних складових. Дефіцит поживних речовин зростає при використанні недостатньо розчинного солоду, зернових несолоджених матеріалів, мальтозної патоки і цукру. В результаті знижується інтенсивність розмноження дріжджів, падає швидкість бродіння, збільшується його тривалість, знижується кінцева ступінь зброджування суслу. Це, в свою чергу, призводить до зміни смакового профілю пива і зменшення знімання насінних дріжджів і зниженню їх фізіологічної активності.

Для запобігання зниження інтенсивності розмноження і бродильної активності дріжджів в сусло необхідно вносити поживні речовини (амінокислоти або солі амонію, мінеральні солі) і вітаміни.

У зв'язку із важливістю лабораторної та виробничої стадій розмноження дріжджів, увага вчених спрямована на вивчення факторів, що підвищують біохімічну активність клітин на цих етапах, що сприяє зростанню їх продуктивності та бродильної активності. Метаболізм на клітинному та субклітинному рівнях здійснюється регулюванням синтезу та каталітичної активності ферментів. Відомо, що кількість різних ферментів та їх активність у дріжджових клітинах залежать від умов культивування мікроорганізмів і передусім від складу поживного середовища. Змінити інтенсивність синтезу ферментів та їх активність, покращити фізіологічний стан дріжджів, їх життєздатність і життєвість можна за допомогою фізичних та хімічних методів активації.

Розмноження дріжджів в пивному суслі обмежується у зв'язку з нестачею в ньому асимілюючого азоту, солей цинку, заліза і пантотенової кислоти. Нестача заліза може компенсуватися іонами магнію, концентрація яких в декілька раз перевищує потреби дріжджів, в той час як ліміт іонів цинку, пантотенової кислоти і аміноного азоту може бути заповнено внесенням цих компонентів в пивне сусло. З цією метою при отриманні пива для збагачення середовища факторами росту і мікроелементами використовують різноманітні препарати і «підкормки» для дріжджів.

Біологічно активні речовини для інтенсифікації росту і розмноження дріжджів, які використовуються на сьогодні у виробництві пива, представлені у табл. 1 [2, 7].

Таблиця 1 — Препарати для інтенсифікації росту, розмноження дріжджів і збільшення їх бродильної активності

Назва препарату	Виробник	Склад
Yeast Food GF	Quest Internatiol	Неорганічні речовини (солі амонію, калію, цинку, марганцю). Органічні речовини (соеве борошно). Фактори росту
Alcoten	Murphy and Son Ltd	Суміш вітамінів групи В і амінокислот
Rhodia Zumesite	Rhodia LTD	Суміш неорганічних речовин (солей амонію, марганцю, цинку).
HY — Vit	Hydralco	Неорганічні речовини (солі кальцію, цинку, амонію).
	Hydracolloide GmbH	Амінокислоти. Вітаміни групи В
Yeastex	I.E. Siebel Sons Company	Суміш неорганічних речовин (солей амонію, марганцю, цинку)
Yeast life Extra	AB Vickers	Суміш вітамінів, вільних амінокислот і мінералів

Ефект при внесенні препаратів залежить від тривалості і умов зберігання насінних дріжджів (їх фізіологічного стану), складу суслу (особливо вмісту в ньому аміноного азоту), номеру генерації насінних дріжджів, способу головного бродіння, сорту пива (світле, темне, високогустинне).

Із збільшенням номеру генерації погіршується фізіологічний стан дріжджів внаслідок адсорбції на їх поверхні білково-дубильних комплексів, хмелевих гірких речовин і бактерій, що інфікують пиво. В цьому випадку витрата препарату збільшується до максимально рекомендованої норми. При значній контамінації дріжджів сторонніми мікроорганізмами не рекомендовано використовувати препарати, які стимулюють розмноження дріжджів, так як одночасно з інтенсифікацією процесів розмноження дріжджів і зброджування суслу спостерігається розмноження сторонніх мікроорганізмів [2, 7].

Цілі та завдання досліджень. Мета даного дослідження — підвищення активності пивоварних сухих дріжджів шляхом використання біологічно активних речовин неорганічного походження для покращення фізіологічного стану дріжджів, збільшення коефіцієнту їх приросту, інтенсифікації процесу головного бродіння і покращення органолептичного профілю пива. Завдання роботи — провести дослідження фізіологічного стану дріжджів в процесі головного бродіння.

Основний матеріал досліджень. Дослідження проводилися в умовах виробництва ТОВ «Пивоварня «Опілля», в м. Тернополі. Об'єкт дослідження даної роботи — сухі пивні дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* раси *Saflager W 34/70* виробництва французької фірми Fermentis корпорації Lesaffre. За інформацією останніх років, що надходить з німецького інституту Weihenstephan, раса *W 34/70* — одна з найпопулярніших на сьогодні. За

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

допомогою дріжджів цієї раси отримують пиво як у горизонтальних чанах і танках, так і у циліндроконічних бродильних апаратах. Ця раса поширена також і на міні-заводах.

Штам дріжджів *Saflager W 34/70* від Weihenstephan, використовується в пивоварній промисловості для виробництва пива низового бродиння. Цей штам дозволяє отримати добре збалансоване пиво з фруктовим і квітковим ароматом та тонким смаком. Ця раса дріжджів має високу здатність до утворювання пластівців і загальний вміст залишкових цукрів 5 г/г, що відповідає 83 % видимої здатності до зброджування, має загальне число ефірів та вищих спиртів 37 ppm та 155 ppm відповідно. Температура бродиння — 9...22 °С, ідеально при 12...15 °С. Пиво, отримане на цій расі дріжджів, має низький рівень фруктових нот та середню стійкість до дії спирту [8].

Орієнтуючись на літературні джерела та багатий вміст різноманітних біологічно активних речовин неорганічного походження для активації дріжджів, було досліджено препарат Yeast life Extra.

Для стабільного бродиння, яким можливо управляти, є дві необхідні умови: здорові, фізіологічно активні дріжджі та поживне збалансоване сусло. Загально відомим є те, що виготовлене тільки з високоякісного солоду сусло відповідає таким вимогам, але навіть воно потребує додаткового внесення кисню і цинку.

Практика пивоваріння стикається з двома проблемами бродиння: дефіцит поживних речовин і несприятливі умови для дріжджів. Зазвичай в таких умовах дріжджі проявляють недостатню активність, яка може залишатися і в наступних їх генераціях. Наслідками зниженої активності дріжджів є повільне бродиння або навіть його припинення, сторонні присмаки, як наслідок, поява сірковмісних з'єднань, повільне відновлення діацетила, автоліз.

Yeast life Extra — це порошок з дріжджових поживних речовин, який спеціально розроблений для забезпечення пивоварних дріжджів легкодоступними джерелами розчинних білків, амінокислот, мінералів та вітамінів. Препарат являє собою тонко дисперсний порошок світлого кольору, який повністю розчинний у воді [9]. На дану біологічно активну речовину видано висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи № 05.03.02-03/73213 від 13.08.2013 року і якісне посвідчення виробника «AB Vickers», Великобританія. Препарат відповідає встановленим медичним критеріям безпеки — показникам: СанПиН 42-123-4089-86 «Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах» та ГН 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування та питній воді».

Результати державної санітарно-епідеміологічної експертизи приведені в табл. 2.

Таблиця 2 — Результати державної санітарно-епідеміологічної експертизи препарату Yeast life Extra

Найменування показника	Значення
Токсичні елементи, мг/кг, не більше	
Свинець	1,0
Миш'як	0,2
Кадмій	0,2
Ртуть	0,03
Мікробіологічні показники	
БГКП (коліформи), в 0,01 г	Не виявлено
Патогенні мікроорганізми у т. ч. сальмонели, в 25 г	Не виявлено
<i>Staphylococcus aureus</i> в 0,1 г	Відсутні
Радіонукліди, Бк/кг, не більше	
Везій ¹³⁷	150
Стронцій ⁹⁰	90

За результатами державної санітарно-епідеміологічної експертизи препарат Yeast life Extra (YEE411) відповідає вимогам діючого санітарного законодавства України і за умови дотримання вимог цього висновку може бути використаний в харчовій промисловості для виробництва пива.

Дані якісного посвідчення наведені в табл. 3.

Таблиця 3 — Якісні характеристики препарату Yeast life Extra

Показник	Результат	Вимоги
Загальний азот, мг/л	15,95	16±2,5 %
pH	7,5	7,0...8,0
Втрати при сушці, %	3,6	Не більше 7

Охолоджене і аероване сусло перекачували в бродильну ємкість об'ємом 130 гкл, додавали 150 дм³ насінневих дріжджів раси *W 34/70* п'ятої генерації. Живлення для дріжджів Yeast life Extra додавали в бродильну ємкість в кількості 500 г. Для чистоти експерименту використовували однакову кількість біологічно-активних

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРІБСТВІ

речовин (БАР) і для світлого і для темного сортів пива. Для порівняння в якості контролю досліджували сусло без внесення БАР. Спостереження за фізіологічним станом дріжджів проводилося протягом усього процесу головного бродіння. Фізіологічний стан дріжджів під час зброджування пивного сусла світлого сорту пива наведений у табл. 4, темного сорту пива — у табл. 5.

Таблиця 4 — Порівняльний аналіз фізіологічного стану дріжджів протягом головного бродіння світлого пива «Опілля Гайдамацьке»

Показники	Дослід «Опілля Гайдамацьке»					Контроль «Опілля Гайдамацьке»					
	1 доба	2 доба	3 доба	4 доба	5 доба	1 доба	2 доба	3 доба	4 доба	5 доба	6 доба
Загальна кількість клітин, млн/см ³	35,0	59,5	82,5	42,0	21,0	36,5	52,2	71,2	55,0	38,0	22,5
Кількість брунькуючих клітин, %	31,4	60,8	78,9	50,1	17,5	20,5	42,3	66,5	35,1	14,5	11,4
Кількість мертвих клітин, %	6,8	3,0	2,9	4,6	6,9	7,5	4,9	4,1	5,6	7,1	10,1
Кількість клітин з глікогеном, %	40,5	61,9	75,8	52,8	29,7	39,6	50,8	61,7	45,8	36,1	18,4

Таблиця 5 — Порівняльний аналіз фізіологічного стану дріжджів протягом головного бродіння темного пива «Опілля Княже»

Показники	Дослід «Опілля Княже»				Контроль «Опілля Княже»				
	1 доба	2 доба	3 доба	4 доба	1 доба	2 доба	3 доба	4 доба	5 доба
Загальна кількість клітин, млн/см ³	34,2	51,5	63,5	39,5	32,5	44,2	58,0	48,2	36,0
Кількість брунькуючих клітин, %	31,5	49,5	67,9	43,5	30,6	43,4	59,1	38,6	23,6
Кількість мертвих клітин, %	7,5	4,5	6,1	7,1	7,6	5,1	6,9	7,7	9,7
Кількість клітин з глікогеном, %	39,6	57,8	75,5	48,5	37,6	50,8	65,8	40,5	31,2

Висновки. Використання БАР на етапі бродіння зменшує тривалість процесу головного бродіння в дослідних зразках на 1 добу, у порівнянні з контрольними. Аналіз фізіологічного стану дріжджів протягом головного бродіння показав: накопичення біомаси дріжджів у лаг—фазі у дослідному зразку світлого пива «Опілля Гайдамацьке» на 15,9 % більше у порівнянні з контролем, у дослідному зразку темного пива «Опілля Княже» на 9,5 % більше, ніж у контрольному. По кількості клітин з глікогеном спостерігається така сама тенденція зростання в лаг—фазі: в дослідному зразку світлого пива живих клітин на 22,8 % більше, ніж у контрольному, в темному пиві на 14,7 % більше в порівнянні з контролем. В дослідному зразку світлого пива в кінці головного бродіння кількість мертвих клітин на 31,6 % менша, ніж у контрольному зразку. В дослідному темному пиві мертвих клітин на 26,8 % менше у порівнянні з контролем.

Література

- Українська галузева компанія по виробництву пива, безалкогольних напоїв та мінеральних вод «Укрпиво» [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <http://www.ukrpivo.com>. – Назва з екрана.
- Меледина, Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении [Текст] / Т. В. Меледина. – СПб.: Профессия, 2003. – 304 с.
- Кунце, В. Технология солода и пива [Текст]: Пер. с нем / В. Кунце, Г. Мит. – СПб.: Изд-во "Профессия", 2001. – 912 с.
- Аннемюллер, Г. Дрожжи в пивоварении [Текст]: Пер. с англ / Г. Аннемюллер, Г. Й. Мангер, П. Литц. Пер. с англ. под науч. ред. С.Г. Давыденко. – СПб.: «Профессия», 2015. – 428 с.
- Іванов, С. В. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства [Текст]: підручник / С. В. Іванов, В. А. Домарецький, В. Л. Прибильський та ін.; за заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С. В. Іванова. – К.: НУХТ, 2012. – 487 с.
- Меледина, Т. В. Влияние условий реактивации на репродуктивные процессы в клетках активных сухих пивных дрожжей [Текст] / Т. В. Меледина, И. В. Гудь // Вестник международной академии холода. – 1998. – №3-4. – С. 54.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

7. Меледина, Т. В. Физиологическое состояние дрожжей [Текст]: учеб. пособие / Т. В. Меледина, С. Г. Давыденко, Л. М. Васильева – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 48с.
8. Fermentis Lesaffre for beverages [Electronic resource] – Mode of access: [http:// www.fermentis.com](http://www.fermentis.com). – Title from the screen.
9. AB Vickers products for brewing and technical support staff [Electronic resource] – Mode of access: [http:// www.abvickers.com](http://www.abvickers.com). – Title from the screen.

References

1. Ukrayins'ka haluzeva kompaniya po vyrobnytstvu pyva, bezalkohol'nykh napoyiv ta mineral'nykh vod «Ukrpyvo». Available at: [http:// www.ukrpivo.com](http://www.ukrpivo.com).
2. Meledina, T. V. (2003). Syr'e i vspomogatel'nye materialy v pivovarenii. SPb.: Professija, 304.
3. Kunc, V., Mit, G. (2001). Tehnologija soloda i piva. SPb: Izd-vo "Professija, 912.
4. Annemjuller, G., Manger, G. J., Litc, P. (2015). Drozhzhi v pivovarenii, 428.
5. Ivanov, S. V., Domarets'kyi, V. A., Prybyl's'kyi, V. L. (2012). Innovatsiyni tekhnolohiyi produktiv brodinnya i vynorobstva, 487.
6. Meledina, T. V., Gud', I. V. (1998). Vliyanie uslovij reaktivacii na reproduktivnye processy v kletkah aktivnykh suhih pivnykh drozhzhej. Vestnik mezhdunarodnoj akademii holoda, 3-4, 54.
7. Meledina, T. V., Davydenko, S. G., Vasil'eva, L. M. (2013). Fiziologicheskoe sostojanie drozhzhej, SPb.: NIU ITMO; IХиБТ, 48.
8. Fermentis Lesaffre for beverages. Available at: [http:// www.fermentis.com](http://www.fermentis.com).
9. AB Vickers products for brewing and technical support staff. Available at: [http:// www.abvickers.com](http://www.abvickers.com).

УДК 661.975-914:663.252.4

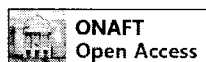
АНАЛІЗ ВИХОДУ CO₂ ПРИ БРОДІННІ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА ПЕРІОДИЧНИМ СПОСОБОМ ANALYSIS OF CO₂ OUTPUT AT THE BATCH FERMENTATION OF GRAPE MUST

Ватренко О. В., д-р техн. наук, професор, Вігуржинська С. Ю., канд. економ. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Vatrenko O. V., Vihurzhińska S. Y.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



В статті виконано аналіз послідовності проходження процесу бродіння виноградного сусла в процесі його надходження на завод. Цей аналіз надає розгорнуту картину процесу бродіння в масштабі підприємства і створює передумови для оцінки виходу CO₂ за сезон. Розглянуто періодичний спосіб бродіння з урахуванням його фаз. Взято зразки газу з окремих бродильних ємностей та встановлено хімічний склад газової суміші бродіння. Хроматографічний аналіз показав дуже високий вміст діоксиду вуглецю у газовій суміші порівняно з альтернативними газами, які на сьогодні використовуються для його промислового отримання. Показано об'єми і динаміку виділення діоксиду вуглецю з окремої ємності. Отримано узагальнену функціональну залежність в яку входять основні чинники, які впливають на об'єми виділення газу. Проведений аналіз роботи дозволяє в подальшому здійснювати розрахунок кількості виділеного CO₂ за сезон роботи підприємства.

The article provides sequence analysis of grape must fermentation process as it available at the factory. This analysis provides a full—scale picture of the fermentation process enterprise—wide and creates conditions for CO₂ output estimation per season. This article presents batch fermentation considering its phases. Gas samples were taken from separate fermentation tanks and chemical composition of the gas mixture ferment was determined. The chromatographic analysis showed a very high carbon dioxide content in the gas mixture compared with alternative gases, which are used today for its commercial production. The article shows volumes and dynamic of carbon dioxide evolution from a

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

separate tank. It was obtained generalized functional dependence which includes principal factors affecting the volume of gas evolution. Performed analysis allows calculating the amount of flash CO₂ per season of enterprise operation in future.

Ключові слова: діоксид вуглецю, виноградне сусло, бродіння, газова суміш, цукор.

Keywords: carbon dioxide, grape must, fermentation gas mixture, sugar.

Діоксид вуглецю останні десятиліття привертає до себе велику увагу і його вплив як на різні галузі діяльності людини, так і в глобальному масштабі з часом посилюється. Використання CO₂ в господарській діяльності людини носить двоїстий характер, бо з одного боку це ліквідний продукт, затребуваний на сучасному ринку, а з іншого це парниковий газ, який є головним чинником глобального потепління в результаті небезпечного парникового ефекту.

В залежності від конкретного виробничого процесу, утворення CO₂ може мати форму цільового виділення, з метою перетворення його на товарну продукцію, а також бути баластом на деяких стадіях виробництва певних видів продукції або енергоресурсів. Оскільки діоксид вуглецю є парниковим газом, викиди якого в атмосферу повинні регулюватися згідно з Кіотським Протоколом 1997 року, то є обґрунтована потреба в розробці нових та удосконаленні існуючих технологій, пов'язаних як з його викидами в атмосферу, так і з цільовим виробництвом.

Головним способом виробництва CO₂, в тому числі як цільового продукту, є спалювання органічного палива, вугілля, природного газу, мазуту і отримання діоксиду вуглецю з димових газів з подальшим його очищенням від шкідливих домішок [1]. Слід зазначити, що наявність комплексу NO₂ в димових газах є дуже небезпечним, оскільки в поєднанні з аміном він створює азотну кислоту, яка створює стійкі солі [2]. Ці солі можуть потрапляти у товарний CO₂, що неприпустимо при його використанні у харчовій промисловості. Основними джерелами виробництва CO₂ є технологічні гази, такі як димовий газ, генераторний газ, який є продуктом газифікації бурого вугілля, синтез—газ — продукт газифікації вугілля і вуглеводневих газів та біогаз. Отримання CO₂ з цих газів є енергоємними процесами [3].

Якщо розглянути харчову промисловість то значні обсяги CO₂ виникають на виробництвах де використовуються процеси бродіння рослинної сировини. Зокрема такі процеси використовуються в спиртовій, пивній та виноробній галузях. На цих виробництвах CO₂ є побічним продуктом при виробництві цільової харчової продукції. В спиртовій та пивній галузях для вловлювання викидів CO₂ розроблені та експлуатуються спеціальні технології [4]. Щоправда в спиртовій галузі останнє десятиліття отримання CO₂ в процесах бродіння практично не здійснюється. В роботі [5] аналізується рух газових потоків в незаповненому об'ємі окремої бродильної ємності при виробництві виноматеріалів на заводах первинного виноробства. За допомогою отриманої в результаті аналізу математичної залежності зроблено висновки щодо початку відбору газової суміші для отримання з неї діоксиду вуглецю виноградного бродіння.

Однак аналізу загальної оцінки виходу діоксиду вуглецю в масштабах великого виноробного підприємства не робилося. Стаття має за мету запропонувати методику розрахунку виходу CO₂ за сезон бродіння на великих виноробних підприємствах.

Вуглекислий газ, який отримується в результаті бродіння рослинної сировини вигідно відрізняється від його аналогів, отриманих з димових газів та з хімічних виробництв, відсутністю небезпечних для здоров'я людей домішок NO₂, сажі, золи та попелу. Крім того концентрація CO₂ в парогазових сумішах бродіння рослинної сировини в декілька разів перевищує його концентрацію в димових газах та газах хімічних виробництв. Аналізи хімічного складу газової суміші бродіння взяті протягом двох сезонів на Шабському виноробному заводі показали, що концентрація CO₂ в суміші знаходиться в межах 93...96 %. Для порівняння — концентрація CO₂ в димових газах за даними наведеними в роботі [2] складає близько 3...12 %. Типова хроматограма складу суміші наведена на рис. 1. Вона демонструє, що решту 4...7 % складають приблизно однакові кількості азоту і спирту (по ≈ 2,5 %) та менше 1 % кисень.

Вловлювання викидів CO₂ у виноробній галузі практично не здійснюється. Причини цього полягають в сезонності виробництва, невивченості питання, відсутності відповідних технологій.

Розглянемо один із найбільш поширених у виноробній галузі періодичний спосіб бродіння. Проведемо аналіз виходу газової суміші бродіння на прикладі дільниці бродіння сусла з винограду білих сортів підприємства.

Дільниця виробництва виноматеріалів із винограду білих сортів великого підприємства може включати більше сотні бродильних ємностей для періодичного способу бродіння. Розглянемо для прикладу використання ємностей об'ємом 25 м³ виробництва італійської фірми Фабрі—інокс. Кожна ємність має охолоджуючу сорочку, оскільки реакція розщеплення цукру на спирт та вуглекислий газ є екзотермічною, а на верхньому дні є ємності є віддушина через яку при підвищенні тиску в ємності безперервно вивільняється в атмосферу газова суміш бродіння. В той же час виноробне підприємство закуповує зріджений CO₂ для своїх технологічних потреб.

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

Візьмемо для прикладу, що в період збору винограду його надходження на цю ділянку підприємства складає 300 тон на добу. Відповідно об'єм суслу, що надходить на бродіння, складатиме близько 22500 дал. Такою кількістю суслу наповнюється 11 бродильних ємностей вищезазначеного типу. Отже щоденно наповнюються 11 бродильних ємностей. Вміст цукру у суслі може коливатися в межах 180...220 г/дм³ (тобто 18...22 %).

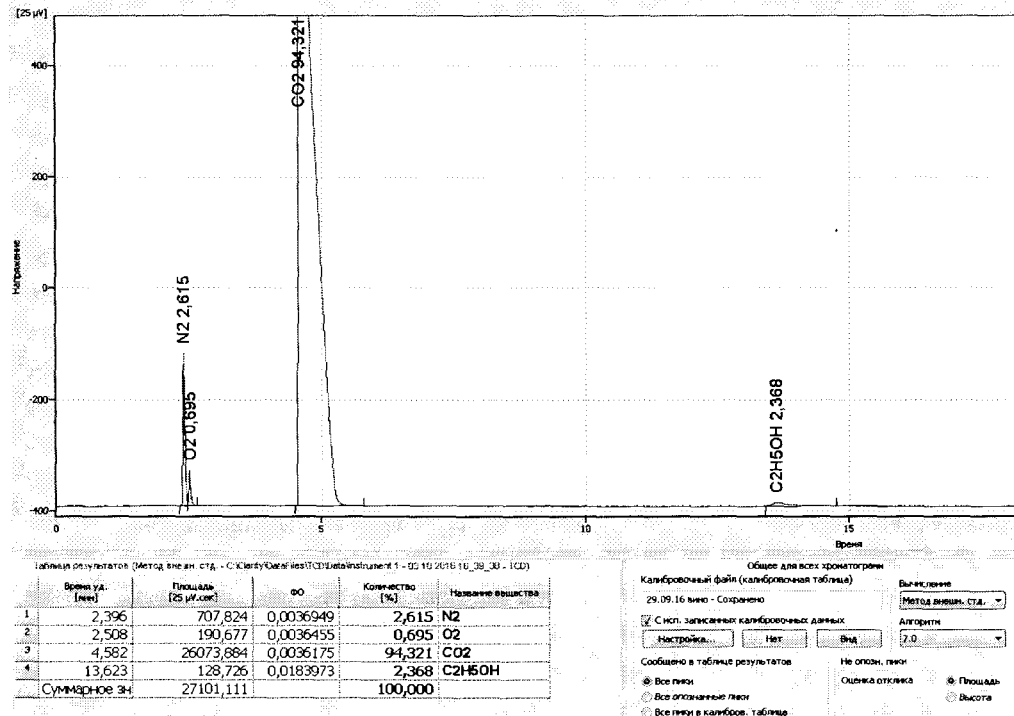


Рис. 1 — Хроматограма газової суміші бродіння виноградного суслу

Процес бродіння проходить у декілька фаз. 1...2 доби відбувається початок бродіння (розброджування) — іде адаптація дріжджів в суслі. На цій фазі CO₂ виділяється дуже слабо. Наступні 5...6 дів відбувається активна фаза бродіння, яка супроводжується активним виділенням газу. Кількість цукру знижується на 80 %. Далі процес бродіння поступово уповільнюється і наступні 4...6 дів відбувається доброджування. Таким чином середня тривалість процесу бродіння в одній ємності складає 10...14 дів. Залишковий цукор у суслі складає до 3 г/дм³.

Загалом вся картина бродіння в узагальненому вигляді представлена на рис. 2. Перша зліва на право затемнена смуга показує розброджування суслу. Середня затемнена смуга показує фазу активного бродіння, під час якої іде активне виділення газу і утворюється основна його кількість. Третя затемнена смуга виділяє фазу доброджування. Якщо розглянути виділення газу в процесі бродіння в окремі ємності, то як показали експериментальні дослідження за умови вмісту цукру у суслі 18 % і тривалості бродіння 10 дів графік виділення CO₂ матиме вигляд зображений на рис. 3. Він демонструє, що процес виділення газової суміші в окремо взятій ємності носить нестационарний характер і на ньому чітко прослідковуються усі три фази бродіння.

Запишемо функціональну залежність для виділення CO₂ в окремі ємності у вигляді виразу

$$q_i = q_i(m, p, t, T) \quad (1)$$

де q_i — виділення CO₂ з i -ї ємності, м³/добу;

m — маса суслу в ємності, кг;

p — вміст цукру в суслі, %;

t — час (тривалість) бродіння, дів;

T — температура бродіння, °C,

або

$$\bar{q}_i = \int_0^{14} q(t) dt \quad (2)$$

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Накопичення суцільного бродіння на бродіння платіж																															
19																															
18																															
17																															
16																															
15																															
14																															
13																															
12																															
11																															
10																															
9																															
8																															
7																															
6																															
5																															
4																															
3																															
2																															
1																															
Всього	22500	45000	67500	90000	112500	135000	157500	180000	202500	225000	247500	270000	292500	315000	337500	360000	382500	405000	427500	450000	472500	495000	517500	540000	562500	585000	607500	630000	652500	675000	
Кількість емностей,	11	23	34	45	56	68	79	90	101	113	124	135	146	158	169	180	191	203	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	
шт																															

Рис. 2 — Послідовність проходження процесу бродіння у емностях на виноробному підприємстві

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

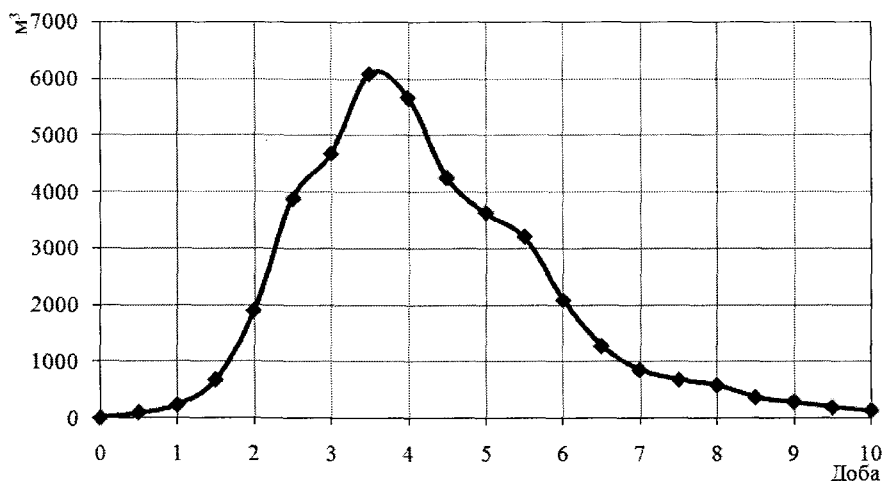


Рис. 3 — Динаміка виділення CO₂ з однієї бродильної ємності (місткість 25 м³; вміст цукру у суслі 18 %)

Тоді загальна кількість CO₂ за сезон бродіння на даній дільниці для n ємностей складе

$$Q = \sum_{i=1}^n \bar{q}_i. \quad (3)$$

Очевидно, що головним чинником кількості виділення CO₂ є вміст цукру у суслі.

Висновки. Проведений аналіз роботи дозволяє в подальшому здійснювати розрахунок кількості виділеного CO₂ за сезон роботи підприємства. Цей аналіз можна застосовувати для будь-якого підприємства галузі.

Література

1. Лавренченко, Г. К. Новые технологии извлечения CO₂ из дымовых газов тепловых станций [Текст] / Г. К. Лавренченко, А. В. Копытин // Технические газы. – 2011. – № 2. – С. 32–42.
2. Лавренченко, Г. К. Современные технологии извлечения CO₂ из дымовых газов тепловых электрических станций [Текст] / Г. К. Лавренченко, А. В. Копытин // Технические газы. – 2013. – № 1. – С. 40–51.
3. Пятничко, А. И. Сравнительный анализ эффективности способов извлечения диоксида углерода из технологических газов [Текст] / А. И. Пятничко, Ю. В. Иванов, Г. В. Жук, Л. Р. Онопа // Технические газы. – 2014. – № 4. – С. 58–65.
4. Герасименко, В. В. Производство диоксида углерода на спиртовых заводах [Текст] / В. В. Герасименко – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 272 с.
5. Симоненко, Ю. М. Динаміка зміни концентрації діоксиду вуглецю в ємності при виноградному бродінні [Текст] / Ю. М. Симоненко, О. В. Ватренко, І. М. Лучку // Харчова промисловість. – 2016. – № 19. – С. 87–91.

References

1. Lavrenchenko, G. K., Kopytin, A. V. (2011). Novye tehnologii izvlecheniya CO₂ iz dymovyh gazov teplovyh stancij. *Tekhnicheskie gazy*, 2, 32–42.
2. Lavrenchenko, G. K., Kopytin, A. V. (2013). Sovremennye tehnologii izvlecheniya CO₂ iz dymovyh gazov teplovyh jelektricheskikh stancij. *Tekhnicheskie gazy*, 1, 40–51.
3. Pjatnichko, A. I., Ivanov, Ju. V., Zhuk, G. V., Onopa, L. R. (2014). Sravnitel'nyj analiz jeffektivnosti sposobov izvlecheniya dioksida ugleroda iz tehnologicheskikh gazov. *Tekhnicheskie gazy*, 4, 58–65.
4. Gerasimenko, V. V. (1980). *Proizvodstvo dioksida ugleroda na spirtovyh zavodah*. Moskva, Pishhevaja promyshlennost', 272.
5. Symonenko, Yu. M., Vatrenko, O. V., Luchku, I. M. (2016). Dynamika zminy kontsentratsiyi dioksydu vuhletsyu v yemnosti pry vynohradnomu brodinni. *Kharchova promyslovist'*, 19, 87–91.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

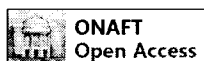
УДК 637.146:613.22

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БІЛКОВОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ INNOVATIVE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF PROTEIN SOUR—MILK PRODUCT OF CHILDREN'S NUTRITION

Ткаченко Н. А., д-р техн. наук, професор, Дюдін І. А., канд. біол. наук, Грегуль Л. А., магістр
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Tkachenko N. A., Dyudina I. A., Gregul L. A.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Розроблена інноваційна технологія білкового кисломолочного продукту для харчування дітей від восьми місяців, частково адаптованого до молока жіночого, з підвищеними пробіотичними, в т. ч. антагоністичними, властивостями та зниженим алергізуючим потенціалом. В основу технології покладено ферментацію білкового концентрату (ретентату), отриманого при ультрафільтрації молока. Частину ретентату підігрівали до $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ для розчинення в ній комплексу вітамінів, фруктози та соняшникової олії. Складену емульсію використовували для збагачення основної маси концентрату. Отриману суміш гомогенізували ($t = (76 \pm 2)^\circ\text{C}$; $P = (5 \pm 0,5)$ МПа), пастеризували за $t = (84 \pm 4)^\circ\text{C}$ протягом 20 с, охолоджували до $t = (37 \pm 2)^\circ\text{C}$, заквашували розробленою заквашувальною композицією зі змішаних культур *Lactococcus lactis* ssp., монокультур *Lactobacillus acidophilus* La-5, монокультур *Bifidobacterium animalis* Bb-12 у співвідношенні 1,0 : 0,1 : 1,0 (вихідна концентрація культур складала $1 \cdot 10^6 : 1 \cdot 10^5 : 1 \cdot 10^6$ КУО/см³ відповідно) з додаванням молокозсідального ферменту СНУ-МАХ (кількість ферменту — 2,0...2,2 см³ на 100 дм³ суміші ретентату) та фасували в пластикову тару. В тарі протягом 20...30 хв формувалася згусток. Подальше сквашування продукту відбувалось в інкубаційній камері в укупореній тарі протягом 6...8 год за $t = (37 \pm 2)^\circ\text{C}$ до досягнення рН (5,2 $\pm$ 0,1). Готовий продукт охолоджували до $t = (4 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 1 доби та направляли на зберігання. Розроблена технологія білкового кисломолочного продукту дитячого харчування апробована у виробничих умовах ТОВ «Білоцерківський молочний комбінат» (с. Томилівка, Київської області, Україна) і може бути впроваджена на цьому підприємстві без здійснення модернізації та реконструкції виробництва.

The innovative technology of protein sour—milk product of children's nutrition from 8 months old, partly adapted to woman's milk with the increased probiotic, including antagonistic properties, and reduced allergen potential, has been developed. Fermentation of protein concentrate (retentate), which was received during ultrafiltration of milk is the basis of the technology. The part of the retentate was heated up to $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ for solubility of the complex of vitamins, fructose and oil in it. The composed emulsion was used for enriching the main mass of the concentrate. The obtained mixture was homogenized ($t = (76 \pm 2)^\circ\text{C}$; $P = (5 \pm 0,5)$ MPa), pasteurized under $t = (84 \pm 4)^\circ\text{C}$ during 20 seconds, cooled to $t = (37 \pm 2)^\circ\text{C}$, fermented with the developed fermenting composition from the mixed cultures *Lactococcus lactis*, monocultures *Lactobacillus acidophilus* La-5, monocultures *Bifidobacterium animalis* Bb-12 in ratio 1,0 : 0,1 : 1,0 (initial concentration of the cultures was $1 \cdot 10^6 : 1 \cdot 10^5 : 1 \cdot 10^6$ Colony-forming units (CFU/cm³ correspondingly) with addition of milk—curdling ferment CHY-MAX with concentration of 2,0...2,2 cm³ on 100 dm³ of retentate mixture) and packaged into plastic packings. During 20...30 minutes a clot was being formed in the packing. Further fermentation of the product was carried out in the incubation chamber in the sealed packing during 6...8 hours under $t = (37 \pm 2)^\circ\text{C}$ until pH (5,2 $\pm$ 0,2) was reached. The finished product was cooled to $t = (4 \pm 2)^\circ\text{C}$ during 1 day and sent for storage. The developed technology of protein sour—milk product of children's nutrition was approved in the production conditions of the limited liability company (LLC) «Belotserkovskiy dairy enterprise» (Ukraine) and can be introduced in this enterprise without carrying out the modernization and reconstruction of the production.

Ключові слова: дитяче харчування, білковий кисломолочний продукт, адаптація, біфідобактерії, лактобактерії, гомогенізація, пастеризація, ферментація, ультрафільтрація, зберігання.

Key words: baby food, protein sour—milk product, adaptation, bifidobacteria, lactobacteria, homogenization, pasteurization, fermentation, ultrafiltration, storage.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

Постановка проблеми та її зв'язок з найважливішими науковими і практичними завданнями. Перспективність та привабливість розвитку дитячого харчування в Україні обумовлені можливістю зростання обсягів його виробництва і реалізації за рахунок розширення контингенту споживачів та освоєння нових сегментів ринку. Слід відзначити, що внаслідок прийняття «Державної цільової соціальної програми розвитку виробництва продуктів дитячого харчування на 2012...2016 роки» у 2011...2014 роках спостерігалися високі темпи виробництва цієї продукції. За цей період, зокрема, збільшилося виробництво сиру кисломолочного для дитячого харчування та виробів з нього у 3,2 рази, молока обробленого рідкого для дитячого харчування на — 38,5 %, соків дитячих на — 98,8 %. Внутрішній попит задовольняється майже на 70 % за рахунок продукції вітчизняного виробництва і має тенденцію до зростання. Ця позитивна тенденція свідчить про те, що сьогодні наповнення вітчизняного споживчого ринку продукцією дитячого харчування власного виробництва є реальною перспективою, що сприятиме її імпортозаміщенню [1—3].

Жорсткі вимоги до складу продуктів дитячого харчування, безпечності їх споживання, неалергенності можливо задовольнити шляхом розробки відповідних вітчизняних науково обґрунтованих технологій, зокрема, із використанням бакконцентратів біфідо— та лактобактерій безпосереднього внесення, які забезпечують конкурентоспроможність виготовлених продуктів на вітчизняному споживчому ринку.

Ключовим механізмом забезпечення здоров'я, росту і розвитку дитячого організму та запобігання ризику багатьох захворювань людини у зрілому віці є раціональне харчування у дитинстві. В асортименті продуктів дитячого харчування особливе місце посідають кисломолочні продукти, оскільки вони безпосередньо впливають на формування імунітету. Лакто— та біфідобактерії, які використовують в технології їх виготовлення, запобігають розвитку хвороботворних і гнильних мікроорганізмів в кишечнику дитини. Кисломолочні продукти стимулюють травлення та засвоєння інших харчових нутрієнтів, виступають джерелом вітамінів (особливо групи B), які, знаходячись у зв'язаному з білком стані, краще засвоюються організмом дитини, а також є гарним джерелом кальцію та фосфору, що знаходяться в оптимально збалансованому співвідношенні [4].

Незважаючи на загальне зростання обсягів вітчизняного виробництва продукції дитячого харчування у 2014 році на 10,4 % (у порівнянні із 2011 р), дотепер існує суттєвий дефіцит у задоволенні потреб харчування малюків, особливо в сегменті кисломолочних продуктів, які представлені сьогодні кефіром, йогуртами, сиром кисломолочним, сирковими десертами для дитячого харчування тощо.

Основними виробниками рідких і пастоподібних кисломолочних продуктів в Україні сьогодні є: спеціалізований завод дитячого харчування «Агуша» («Вім-Білл-Данн Україна», торгова марка «Агуша»), спеціалізований завод дитячого харчування «Яготинське для дітей» («Молочний Альянс», торгова марка «Яготинське для дітей»), акціонерна компанія «Комбінат «Придніпровський» (торгова марка «Злагода») [1]. Завдяки запуску у 2012 році двох спеціалізованих підприємств з виробництва молочних продуктів для дитячого харчування — заводу «Яготинське для дітей» компанії «Молочний Альянс» і заводу «Агуша» компанії «Вім-Білл-Данн Україна» було забезпечено суттєве зростання виробництва спеціалізованих рідких і пастоподібних кисломолочних продуктів для дитячого харчування у 2012 році. Асортимент білкових продуктів, який вони пропонують, обмежений сиром кисломолочним та сирковими десертами, які виробляють заводи «Агуша» та «Яготинське для дітей» [1, 5].

Таким чином, вітчизняні виробники дотепер не виробляють адаптованих до жіночого молока білкових кисломолочних продуктів для дитячого харчування із підвищеними пробіотичними, в т. ч. антагоністичними, властивостями, зі зниженим алергізуючим потенціалом, підвищеною біологічною цінністю і подовженим терміном зберігання. Причиною цього є відсутність науково обґрунтованих та клінічно апробованих технологій таких продуктів [6, 7]. Тому наукове обґрунтування нових технологій білкових кисломолочних продуктів для дитячого харчування, які б відповідали вищенаведеним вимогам, з використанням бакконцентратів безпосереднього внесення із пробіотичних культур лакто— та біфідобактерій, а також комплексів фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів, є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний підхід до забезпечення стабільності складу і високої якості білкових кисломолочних продуктів дитячого харчування протягом встановленого терміну зберігання, зокрема високої концентрації в продуктах лакто— і біфідобактерій, передбачає використання цих культур у складі сучасних бакконцентратів безпосереднього внесення. Комплексний підхід для максимального стимулювання розвитку біфідобактерій в молоці полягає у одночасному застосуванні, по-перше, адаптації пробіотичних культур до молока; по-друге, введення до складу молочної сировини біфідогенних факторів (зокрема, фруктози); по-третє, підбір оптимальних співвідношень біфідо— і лактобактерій в складі заквашувальних композицій. В результаті накопичується підвищена біомаса пробіотичних культур в продукті, що забезпечує підвищення його пробіотичних, в т. ч. антагоністичних, властивостей та здатності до подовженого зберігання [6, 8, 9].

Всі білки коров'ячого молока є чужорідними для новонароджених дітей і викликають відповідну реакцію імунного захисту. Але найвищу антигенну активність серед казеїнів коров'ячого молока має фракція α_s1 , а серед

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

сироваткових білків — β -лактоглобулін, які при штучному і змішаному годуванні часто викликають алергічні реакції. Для вирішення цієї проблеми до складу заквашувальних композицій при виробництві білкових кисло-молочних продуктів для дитячого харчування рекомендується введення лактобактерій, які мають підвищені протеолітичні властивості і забезпечують глибокий протеоліз казеїну в продукті [1, 6].

Жир молока коров'ячого містить незначну кількість поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) (особливо у осінньо—зимовий період), недостатню кількість мононенасичених жирних кислот (МНЖК) та надмірну кількість насичених жирних кислот (НЖК). Співвідношення між НЖК : МНЖК : ПНЖК у молочному жирі складає, у середньому, 0,63 : 0,31 : 0,06 [10], що не відповідає такому в жіночому молоці. Тому для оптимізації жирно-кислотного складу дитячих продуктів, а також підвищення їх антиоксидантного статусу сьогодні використовують олії, які містять значну кількість ПНЖК.

Сьогодні опубліковані результати розробки наукових основ біотехнології пасти для харчування дітей з восьми місячного віку з підвищеними пробіотичними, антагоністичними і гіпоалергенними властивостями, високою біологічною цінністю, подовженим терміном зберігання [11—14]. Відповідні дослідження були проведені на кафедрі технології молока, жирів і парфумерно—косметичних засобів Одеської національної академії харчових технологій в рамках виконання комплексної програми розробки нових та удосконалення існуючих технологій ферментованих молочних продуктів дитячого харчування. Авторами обґрунтовано склад заквашувальних композицій у вигляді бакконцентратів безпосереднього внесення з підвищеними пробіотичними, антагоністичними і протеолітичними властивостями для виробництва білкових паст дитячого харчування, до складу яких введено:

— адаптовані до молока пробіотичні монокультури (МК) *Bifidobacterium animalis* Bb-12 у складі бакконцентратів *FD DVS Bb-12* або *F DVS Bb-12*;

— бакконцентрати *FD DVS La-5* або *F DVS La-5*, які включають пробіотичний штам *L. Acidophilus La-5*;

— змішані культури мезофільних молочнокислих лактококів (*L. Lactis ssp. lactis*, *L. lactis ssp. cremoris*, *L. lactis ssp. diacetylactis* і *Leuc. mesenteroides*) у складі бакконцентратів безпосереднього внесення (*FD DVS CH N-19* або *FD DVS CH N-11* або *FD DVS CH N-22* або *FD DVS Flora—danica* або *F DVS C-301* або *F DVS C—303*).

Авторами були порівняні протеолітичні властивості ліофільно висушених та заморожених бакконцентратів мезофільних молочнокислих лактококів (ММЛ) та доведена вища (у 2,5...5,0 разів) протеолітична властивість заморожених бакконцентратів ММЛ у порівнянні з ліофільно висушеними. Доведена доцільність застосування заквашувальних композицій із бакконцентратів біфідобактерій, лактобацил і ММЛ у складі бакконцентратів безпосереднього внесення (*FD DVS CH N-19* або *FD DVS CH N-11* або *FD DVS CH N-22* або *FD DVS Flora—danica* або *F DVS C-301* або *F DVS C-303*), які мають високі протеолітичні властивості — в результаті відбувається зниження гіпоалергенних властивостей продуктів у 2,2...2,6 рази, у порівнянні з використанням заморожених бакконцентратів ММЛ. Таким чином, всі розроблені заквашувальні композиції рекомендуються для виробництва паст білкових дитячого харчування.

Для виробництва білкових паст автори рекомендують термостатний спосіб, який традиційно використовують для виробництва кисломолочних напоїв [15]. Виділення білків з молока забезпечується термокислотою коагуляцією із застосуванням кислої сироватки [6, 7, 16]. Також авторами теоретично обґрунтовано можливості комплексного виділення білків, крім термокислотою та термокальцієвою коагуляцій, шляхом ультрафільтрації. Практичну реалізацію запропонованого способу здійснено в представлений роботі.

Мета роботи — науково—технічне обґрунтування технології виробництва білкового кисломолочного продукту дитячого харчування з підвищеними пробіотичними властивостями і зниженим алергізуючим потенціалом з використанням ультрафільтрації.

Викладення основного матеріалу. Основними операціями в технології виробництва білкового кисломолочного продукту дитячого харчування є (рис. 1): приймання, очищення, охолодження і резервування молока; нормалізація, пастеризація і ультрафільтрація молока; підготовка емульсії з рослинною олією; оброблення білкового концентрату (ретентату) — гомогенізація, пастеризація, заквашування, фасування і пакування, ферментація і охолодження білкового кисломолочного продукту, зберігання готового продукту.

Основною сировиною для виробництва білкового кисломолочного продукту дитячого харчування є натуральне коров'яче молоко. Оцінка якості молока проводиться в лабораторії приймального відділення, з метою встановлення відповідності молока діючому стандарту (ДСТУ 3662—97). Для виробництва білкового кисломолочного продукту дитячого харчування використовують тільки молоко гатунків екстра та вищого.

З модулів приймання після очищення і кількісної оцінки молоко через пластинчасті охолоджувачі подається в резервуари для зберігання сирого молока. Термін зберігання — до 6 годин за температури $(4\pm 2)^\circ\text{C}$. Після резервування молоко за допомогою насоса через зрівнювальний бак поступає на пластинчасту пастеризаційно—охолоджувальну установку (ППОУ), де відбувається його підігрівання до $40...45^\circ\text{C}$ в секції рекуперації. Підігріте молоко подається на сепаратор—нормалізатор, де відбувається його нормалізація за масовою часткою жиру. Вершки накопичуються в окремому резервуарі, де охолоджуються до температури зберігання $(4\pm 2)^\circ\text{C}$.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

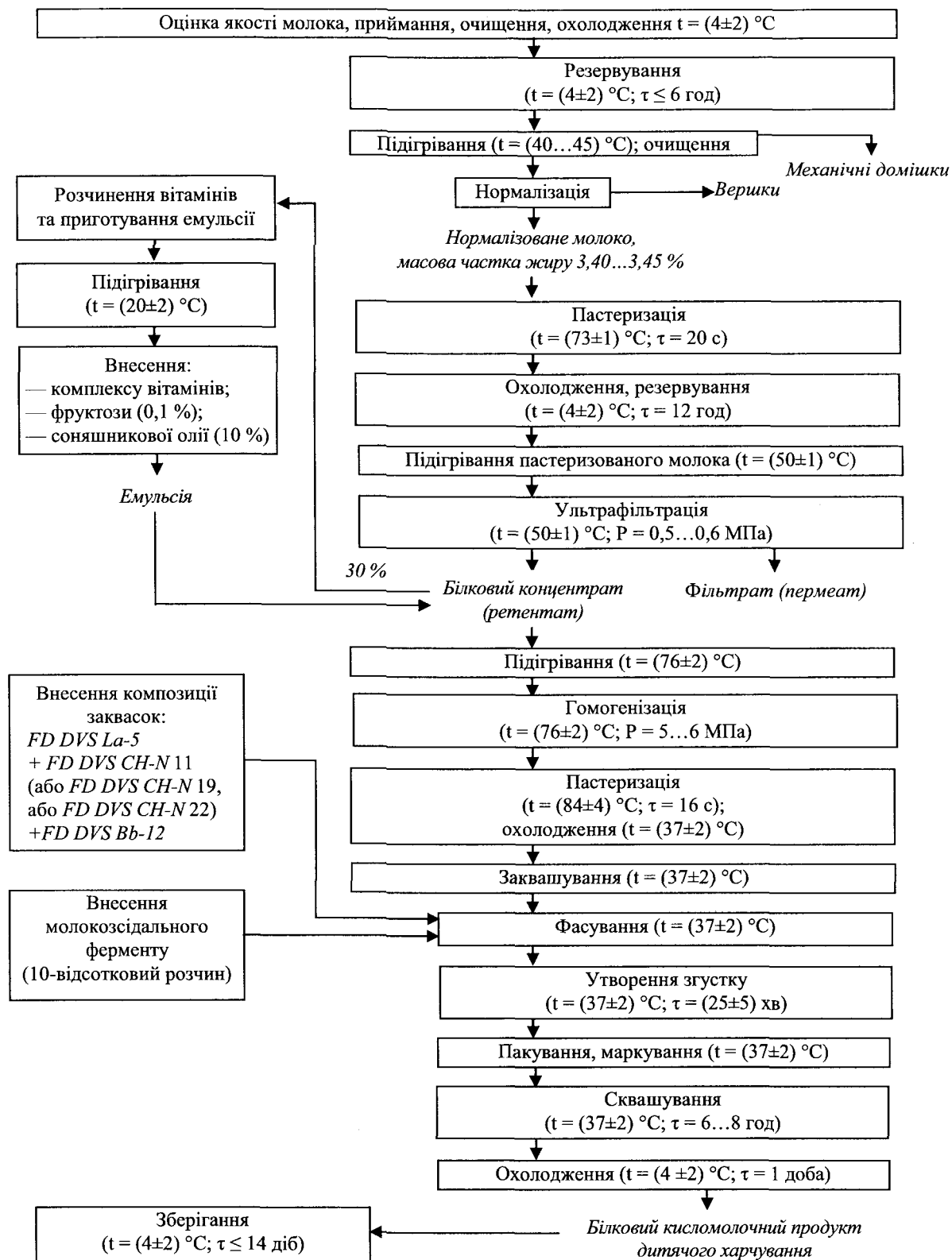


Рис. 1 — Технологічна схема виробництва білкового кисломолочного продукту дитячого харчування

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

Нормалізоване молоко поступає на ППОУ у секцію пастеризації, де нагрівається до температури пастеризації — $(73 \pm 1)^\circ\text{C}$, після чого подається на трубчастий витримувач, процес триває 20 с. Пастеризація здійснюється при температурах нижче температури кипіння молока, що максимально сприяє зберіганню нативних властивостей його хімічних складових. Мета пастеризації:

- знищення патогенної мікрофлори та бактеріофагів, одержання продукту, безпечного для споживача в санітарно—гігієнічному відношенні;
- зниження загального бактеріального обсіменіння, руйнування ферментів сирого молока, що викликають псування продукту;
- подовження тривалості зберігання молока до перероблення.

Після пастеризації нормалізоване молоко охолоджують до температури $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ і подають до резервуарів проміжного зберігання.

У інноваційній технології виробництва білкового кисломолочного продукту дитячого харчування рекомендовано використовувати ультрафільтрацію нормалізованого молока для отримання білкового концентрату (ретентату) з такою ж масовою часткою сухих речовин, як у готовому продукті. Оптимальним і економічно ефективним вважається використання концентрату із вмістом білка 85 % в сухій речовині [15, 16]. В отриманому ретентаті зберігається співвідношення білків незбираного молока: казеїнів та альбумінів і глобулінів, що підвищує якість кінцевого продукту. Використання концентрату молочних білків економічно доцільно, його введення до рецептури не передбачає додаткової підготовки, а органолептичні показники кінцевого продукту поліпшуються. Також застосування ретентату сприяє стабілізації консистенції (продукт стає більш щільним, структурованим) та підвищенню виходу готової продукції.

Суміш пастеризованого нормалізованого молока підігрівають до температури $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$ і направляють на ультрафільтраційну установку, де під тиском 0,5...0,6 МПа відбувається концентрування вмісту білків у суміші в 5...6 разів у порівнянні зі звичайним молоком, а вміст лактози та мінеральних речовин у водній фазі майже відповідає такому у молоці незбираному. Відфільтрований прозорий фільтрат (пермеат) — освітлена сироватка, яка не містить білкових компонентів, направляється на резервування і може бути використана для виробництва питних молочних напоїв або лактози. Концентрат білків направляється на подальші технологічні операції.

Частина концентрату підігрівається до температури $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ для розчинення комплексу вітамінів FT041084EU або FT041081EU і фруктози, яку вносять як біфідогенний фактор в кількості 0,1 % [8]. Потім додається соняшникова олія у кількості, яка забезпечує вміст рослинного жиру 10 % від загального вмісту жиру (для адаптації жирнокислотного складу продукту). Після цього складена емульсія додається до основної маси білкового концентрату. Отримана суміш підігрівається до температури гомогенізації $(76 \pm 2)^\circ\text{C}$ і гомогенізується при тиску $(5,0 \pm 0,5)$ МПа.

Гомогенізація є важливою операцією технологічного процесу, оскільки безпосередньо впливає на стан жирових кульок в молочній суміші та на ступінь дисперсності міцел казеїну. Зменшення розмірів жирових кульок в результаті гомогенізації з 2...5 мкм до 1...2 мкм забезпечує їх рівномірний розподіл по всьому об'єму суміші, а подрібнення міцел казеїну на субміцели підвищує гідрофільні властивості білка і позитивно впливає на вихід кінцевого продукту. Обрані температура та тиск забезпечують у подальшому достатню в'язкість білкового кисломолочного продукту, добре подрібнення жирових кульок та найменший відстій жиру при зберіганні. Гомогенізований збагачений ретентат подається в секцію пастеризації пластинчастої пастеризаційно—охолоджувальної установки. Суміш пастеризується за температури $(84 \pm 4)^\circ\text{C}$ з витримкою 16 с. Температура пастеризації молочної сировини при виробництві кисломолочних продуктів суттєво впливає на фізико—хімічні властивості згустку. Цей температурний вплив, в свою чергу, відображається на якості готового продукту.

Пастеризована суміш ретентату і емульсії охолоджується до температури сквашування $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$, яка є оптимальною для розвитку біфідобактерій і ацидофільних паличок, а також забезпечує ріст і розвиток мезофільних молочнокислих лактококків, що входять до складу розробленої заквашувальної композиції. Внесення бакконцентратів ММЛ (*F DVS CH-N-11* або *F DVS CH-N-19* або *F DVS CH-N-22*), монокультур *L. acidophilus La-5* (*FD DVS La-5*) і адаптованих до молока монокультур *B. animalis Bb-12* (*FD DVS Bb-12*) передбачено у кількостях, які забезпечують вихідну концентрацію клітин $1 \cdot 10^6$, $1 \cdot 10^5$ і $1 \cdot 10^6$ КУО/см³ відповідно [17].

Процес заквашування здійснюють у потоці на спеціальній лінії для фасування ретентату. У підготовлену тару (полімерні коробочки ємністю 50 см³) з використанням дозаторів вносять суміш ретентату і компонентів, необхідних для його заквашування, в т. ч. розчин заквашувальних культур та молокозсідальний фермент *CHY-MAX Extra 600 IMCU* (2,0...2,2 см³ на 100 дм³ суміші ретентату). Розчин заквашувальних культур лакто— і біфідобактерій готують у лабораторії: бакконцентрати *DVS*, включені до складу обраної заквашувальної композиції, розчиняють у стерилізованому молоці, охолодженному до температури $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$, ретельно перемішують протягом 15...20 хв і приготований розчин вносять у спеціальний дозатор, розташований на лінії фасування. Дозують розчин заквашувальних культур при фасуванні ретентату в коробочки з таким розрахунком, щоб забезпечити необхідну вихідну концентрацію культур лакто— і біфідобактерій у збагаченому ретентаті [17].

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

Полімерні коробочки після цього направляються в модуль коагуляції, де тара із заквашеним ретентом повільно рухається по стрічковому транспортеру вздовж тунелю і проходить його за 20...30 хв. За цей час відбувається формування згустку шляхом сичужної коагуляції при постійній температурі $(37\pm 2)^\circ\text{C}$.

Сичужна коагуляція збагаченого ретенту візуально спостерігається через 5...15 хв після внесення заквашувальних компонентів: з'являються мілкі пластівці білка, потім ніжний згусток, який у подальшому ущільнюється. У розробленій інноваційній технології білкового кисломолочного продукту дитячого харчування ретент містить достатню кількість іонного кальцію для утворення кальцієвих містків і, на відміну від класичної технології, додавання розчину кальцій хлориду не проводиться. В результаті сичужної коагуляції утворюється тримірна структура казеїнового згустку і ретент перетворюється на однорідну щільну масу, яка захоплює жири кульки у сітку казеїнових міцел, тобто відбувається процес гелеутворення.

Підготовлений в модулі коагуляції продукт закупорюється у відповідному модулі. Зверху на пластикову емність накладається фольга, яка приварюється по периметру коробочки, коробочка накривається кришкою, наклеюється етикетка з назвою продукту і здійснюється пакування. Упакований продукт вручну укладається в спеціальні короби, які складаються на піддони, після чого продукт транспортується в інкубаційну камеру для подальшої ферментації, яка триває 6...8 год за температури $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ до досягнення $\text{pH} = 5,2$. При ферментації ретенту відбувається процес молочнокислого бродіння лактози лакто- і біфідобактеріями. В результаті бродіння накопичується переважно молочна кислота та оцтова (завдяки наявності у заквашуваній композиції монокультур *B. animalis Bb-12*), що призводить до зниження активної і підвищення титрованої кислотності продукту, а також до незначного виділення сироватки на поверхні білкової маси. Готовий продукт подають у холодильну камеру, де він охолоджується до температури $(4\pm 2)^\circ\text{C}$.

Зберігання готового продукту в споживчій тарі здійснюється за температури $(4\pm 2)^\circ\text{C}$. Термін придатності до споживання білкового кисломолочного продукту дитячого харчування за умов збереження герметичності упаковки становить не більше 14 діб з моменту закінчення технологічного процесу, в т. ч. на підприємстві не більше двох діб. Закінченням технологічного процесу вважається момент, коли сквашений білковий кисломолочний продукт охолоджений до температури зберігання $(4\pm 2)^\circ\text{C}$.

Висновки. Розроблена інноваційна технологія білкового кисломолочного продукту дитячого харчування, в основу якої покладена ферментація ретенту, отриманого при ультрафільтрації молока, збагаченого соняшниковою олією, комплексом вітамінів і фруктозою, заквашувальними композиціями із біфідо- та лактобактерій з підвищеними пробіотичними і протеолітичними властивостями.

Інноваційна технологія білкового кисломолочного продукту дитячого харчування апробована у виробничих умовах ТОВ «Білоцерківський молочний комбінат» (Україна); вона може бути впроваджена на зазначеному підприємстві без здійснення модернізації та реконструкції виробництва.

Виробництво білкового кисломолочного продукту дитячого харчування дозволить ефективніше використовувати молочну сировину на молокопереробних підприємствах, прискорити процес обороту коштів, а введення розробленого продукту до раціону харчування дітей починаючи з віку вісім місяців забезпечить нові смакові відчуття для дитини та сприятиме нормалізації мікробіоценозу шлунково-кишкового тракту.

Наступні етапи роботи: оформлення нормативної документації на виробництво білкового кисломолочного продукту дитячого харчування.

Література

1. Украинский рынок молочных продуктов детского питания [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Электрон. дан. – Инфагро. – 2011. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.infagro.com.ua/ru/Product/Yes/37>. – Заглавие с экрана.
2. Стан ринку дитячого харчування в Україні на 2014 рік [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електр. дан. – Беби-експо. – 2015. – Режим доступа: \www/ URL: <http://babyexpo.ua/upload/medialibrary/6b4/6b4559bac15ff1888a23575a3f935d5e>. – Назва з екрана.
3. "Молочный альянс" прогнозирует рост рынка специализированного молочного детского питания на 15-20 % до 23-24 тыс. тонн в 2014 [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Электрон. дан. – Any food any feed. – 2013. – Режим доступа: \www/ URL: <http://anyfoodanyfeed.com/ru/news/id/46451>. – Заглавие с экрана.
4. Просеков, А. Ю. Технология молочных продуктов детского питания [Текст]: учебное пособие / А. Ю. Просеков, С. Ю. Юрьева. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2005. – 278 с.
5. Закон України «Про дитяче харчування» № 142-V від 14.09.2006 р [Текст] // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – № 44. – С. 433.
6. Ткаченко, Н. А. Обгрунтування параметрів ферментації молочно-рослинних вершків у біотехнології білкових паст для дитячого харчування [Текст] / Н. А. Ткаченко, Ю. С. Українцев, Є. І. Гросу // Харчова наука і технологія. – 2014. – № 4 (29). – С. 28–36.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

7. Ткаченко, Н. А. Обґрунтування параметрів ферментації білкової маси у технології білкових паст для дитячого харчування [Текст] / Н. А. Ткаченко, Ю. С. Українцева // Харчова наука і технологія. – 2015. – № 2 (31). – С. 38–41.
8. Дідух, Н. А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення [Текст] / Н. А. Дідух, О. П. Чагаровський, Т. А. Лисогор. – Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с. – ISBN 978-966-8788-79-6.
9. Дідух, Н. А. Наукові основи виробництва напою кисломолочного для дитячого харчування «Біолакт» з подовженим терміном зберігання [Текст] / Н. А. Дідух, А. С. Авершина // Збірник праць Першої міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції «Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології» в рамках XVII Міжнародного Форуму товарів та послуг для дітей BABY EXPO, 19 березня 2013 р. – Київ, 2013. – С. 121–126.
10. Липатов, Н. Н. Предпосылки совершенствования качества продуктов для централизованного питания детей [Текст] / Н. Н. Липатов, О. И. Башкиров, А. Л. Геворгян, М. В. Фурин. – М.: РАСХН, 2004. – 125 с.
11. Ткаченко, Н. А. Заквашувальні композиції для дитячих кисломолочних продуктів з підвищеними протеолітичними властивостями [Текст] / Н. А. Ткаченко, Ю. В. Назаренко, А. С. Авершина, Ю. С. Українцева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2/12 (68). – С. 66–71.
12. Назаренко, Ю. В. Біотехнологія кисломолочного сиру дитячого харчування з подовженим терміном зберігання [Текст] / Ю. В. Назаренко // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 2. – С. 41–45.
13. Ткаченко, Н. А. Наукові основи технології білкової пасту для дитячого харчування з подовженим терміном зберігання [Текст] / Н. А. Ткаченко, Ю. С. Українцева // Science Rise. – 2015. – №3/2(8). – С. 63–67.
14. Ткаченко, Н. А. Застосування термостатного способу виробництва у технології білкової пасту для дитячого харчування [Текст] / Н. А. Ткаченко, Ю. С. Українцева // 75-а наукова конференція викладачів академії: тези доповідей – Одеса: ОНАХТ. – 2015. – С. 95–98.
15. Кузнецов, В. В. Справочник технолога молочного производства. Технология детских молочных продуктов [Текст] / В. В. Кузнецов, Н. Н. Липатова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2005. – 525 с. – ISBN 5-901065-96-4.
16. Петыш, Я. Молочные белки в традиционной рецептуре: замещение запрещенного сырья и обогащение продуктов [Текст] / Яна Петыш // Переработка молока. – 2014. – № 10 (181). – С. 24–27.
17. Ткаченко, Н. А. Заквашувальні композиції бактерій для технологій кисломолочних продуктів дитячого харчування [Текст] / Н. А. Ткаченко // Мікробіологія і біотехнологія. – 2016. – № 1. – С. 55–67.

References

1. Ukrainskii rинok molochnykh produktov detskogo pitaniia (2011). Infagro. Available at: <http://www.infagro.com.ua/ru/Product/Yes/37>.
2. Stan rinku ditiachogo kharchuvannia v Ukraini na 2014 rik. (2015). Bebi-ekspo. Available at: <http://babyexpo.ua/upload/medialibrary/6b4/6b4559bac15ff1888a23575a3f935d5e>.
3. "Molochnii alians" prognoziruє rost rinka spetsializirovannogo molochnogo detskogo pitaniia na 15-20 % do 23-24 tis. tonn v 2014. (2013). Anyfoodanyfeed. Available at: <http://anyfoodanyfeed.com/ru/news/id/46451>.
4. Prosekov A.Yu., Ureva S.Yu. (2005) Tekhnologii molochnykh produktov detskogo pitaniia. Uchebnoe posobiie. Kemerovo, Kemerovskii tekhnologicheskii institute pishchevoi promishlennosti. 278.
5. Zakon Ukrainy «Pro dytyache kharchuvannya» № 142-V vid 14.09.2006. (2006). Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy, 44, 433.
6. Tkachenko, N. A., Ukraintseva, Yu. S., Grosu, E. I. (2014). Obgruntuvannya parametriv fermentatsiyi molochno-roslinnikh verchkiv u biotekhnologii bilkovikh past dlya dytyachoho kharchuvanniya. *Kharchova nauka i tekhnologiya*, 4 (29), 28-36.
7. Tkachenko, N. A., Ukraintseva, Yu. S. (2015). Obgruntuvannya parametriv fermentatsiyi bilkovoi masi u tekhnologii bilkovikh past dlya dytyachoho kharchuvanniya. *Kharchova nauka i tekhnologiya*, 2 (31), 38-41.
8. Didukh, N. A., Chaharovskii, O. P., Lysohor, T. A. (2008). Zakvashuvalni kompozitsiyi dlya vyrobnytstva molochnykh produktiv funktsional'nogo pryznachennya. Odessa: Vydavnytstvo «Polihraf», 236. ISBN 978-966-8788-79-6.
9. Didukh, N. A., Avershina, A. S. (2013). Naukovi osnovi vyrobnytstva napoiu dlya dytyachoho kharchuvanniya z podovgenim terminom zberigannia. Zbirnik prats' Pershoii mignarodnoii spetsializovanoi naukovo-praktichnoi konferentsii «Ditiache kharchuvannia: perspektivi rozvitu ta innovatsiini tekhnologii» v ramkach XVII Mignarodnogo Forumu tovariv ta poslug dlia ditei BABY EXPO, 19 bereznia 2013. Kiiv, 121–126.
10. Lipatov, N. N., Bashkirov, O. I., Gevorgian, A. L., Furin, M. V. (2004). Predposilki sovershenstvovaniia kachestva produktov dlia tsentralizovannogo pitaniia detei. Moskva, RASChN, 125.
11. Tkachenko, N. A., Nazarenko, Y. V., Avershina, A. S., Ukraintseva, Yu. S. (2014). Zakvashuvalni kompozitsiyi dlya dytyachih kyslomolochnykh produktiv z pidvichenimi proteolitichnymi vlastivostyami. *Vostochno-Evropeyskii gurnal передovikh tekhnologiy*, 2/12 (68), 66–71.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

12. Nazarenko, Y. V. (2011). Biotehnologiya kyslomolochnoho siru dytyachoho kharchuvannya z podovgenim terminom zberigannya. *Kharchova nauka i tekhnologiya*, 2(15), 41–45.
13. Tkachenko, N. A., Ukraintseva, Yu. S. (2015). Naukovi osnovi technologiii bilkovoi pasty dlya dytyachoho kharchuvannya z podovgenim terminom zberigannya. *Science Rise*, 3/2 (8), 63–67.
14. Tkachenko, N. A., Ukraintseva, Yu. S. (2015). Zastosuvannya termostatnogo sposobu virobnitstva u technologiii bilkovoi pasty dlya dytyachoho kharchuvannya. 75-a naukova konferentsiya vykladachiv akademiyi: tezy dopovidey. Odesa, ONAHT, 95–98.
15. Kuznetsov, V. V., Lipatova, N. N. (2005). Spravochnik tekhnologa molochного proizvodstva, *Tekhnologiya detskikh molochnykh produktov*. Sankt-Peterburg: GIOR, 525. ISBN 5-901065-96-4.
16. Petish, Ya. (2014). Molochniie belki v traditsionnoi retsepture: zameshcheniie zapreshchennogo siria i obogashcheniie produktov. *Pererabotka moloka*, 10 (181), 24–27.
17. Tkachenko, N. A. (2016). Zakvashuvalni kompozytsiyi bakterii dlia tekhnologii kyslomolochnykh produktiv dytyachoho kharchuvannya. *Mikrobiologiya i biotekhnologiya*, 1, 55–67.

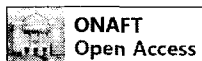
УДК: 663.674.022.3:665.3

**ПІДБІР ЖИРОВИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СУМІШЕЙ МОРОЗИВА З
КОМБІНОВАНИМ СКЛАДОМ СИРОВИНИ
SELECTION FATTY COMPONENTS FOR A MIXTURE
OF ICE CREAM COMBINED COMPOSITION OF RAW MATERIALS**

**Шарахматова Т. Є., канд. техн. наук, доцент, Танасова Г. С., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Sharahmatova T. E., Tanasova G. S.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

У часи економічних криз в Україні, обсяг молочної сировини значно скорочується. На жаль, якісні характеристики молока також не завжди відповідають вимогам заводів з переробки молока. Таким чином, методи зниження собівартості при виробництві морозива з використанням рослинних олій є актуальними. Це більш економічний спосіб виробництва, оскільки залежність від сезонної поставки молока знижується. Такий продукт можна розглядати як функціональний, тобто такий, що поліпшує загальне самопочуття і знижує ризик деяких захворювань.

В даній роботі проаналізований існуючий стандарт України для морозива з комбінованим складом сировини. Після аналізу літературних джерел, була проведена порівняльна характеристика кокосового масла і вітчизняних рослинних олій, вивчений їх склад, пластичні властивості жирних кислот. "Гіпотетично ідеальний жир", його фізіологічний вплив і практичне значення в харчуванні людини використовували як зразок. Це дозволило зробити висновки про важливість поєднання тваринного масла і рослинних жирів з метою отримання "гіпотетично ідеального жиру".

На основі аналізу літературних джерел щодо здорового харчування людини, було проведено проектування модуля жирності, який включав в себе наступні етапи: вибір рослинних олій, обробка даних по складу жирних кислот цих масел і математична обробка з використанням методу математичного моделювання в Excel. За результатами математичного моделювання були обрані ті моделі, які були максимально наближені до «гіпотетично ідеального жиру».

In times of economic crises in Ukraine, the volume of milk—raw material is considerably reducing. Unfortunately, the quality characteristics of milk do not always correspond to the requirements of milk processing plants as well. Thus, the methods of price reduction for the ice cream production with the use of vegetable oils emerged. It is more cost-effective method of production as far as the dependence on seasonal milk delivery reduces. Such a product can be regarded as functional, the one that can improve general well-being and reduce the risk of certain diseases.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

The scope of this paper was to study the existing standard of Ukraine for the ice cream with a combined composition of raw materials. Following the literary sources, a comparative characteristic of coconut oil and domestic vegetable oils was held and their fatty acid composition and plastic properties were studied. A "hypothetical ideal fat", its physiological characteristics and practical importance in the human nutrition was used as a sample. The conclusions were drawn about the importance of combination of oils and fats in order to receive a "hypothetical ideal fat".

On the basis of analysis of literary sources regarding the healthy human nutrition, the designing of a fat module was carried out, that included the following stages: the selection of vegetable oils, which met the requirements of this task, processing of the data on the fatty acid composition of these oils and mathematical processing with the use of the method of mathematical modeling in Excel. Based on the results of mathematical modeling were chosen those models that were maximally close to a "hypothetical ideal fat".

Ключові слова: морозиво, рослинні олії, жири, жирні кислоти, харчування.

Key words: ice cream, vegetable oils, fats, fatty acids, food.

Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Згідно діючого стандарту України ДСТУ 4735:2007 «Морозиво з комбінованим складом сировини» морозиво виробляється з частковою заміною молочної сировини та застосуванням компонентів немолочного походження. Суміш молочних продуктів та продуктів немолочного походження може бути у довільних співвідношеннях [1]. Дане ДСТУ регламентує використання таких немолочних компонентів, як: масло кокосове дезодороване, масло кокосове гідрогенізоване, продукти жирові, що являють собою суміш молочного жиру і кокосового масла, продукти, що містять молоко з кокосовим маслом і молочним білком.

Кокосове масло — це твердий жир, який містить гліцериди летких кислот, добувається з плодів *Cocos nucifera*, які належать до сімейства пальм, розповсюджене на островах і берегах материків тропічної зони. До складу кокосового масла входить 15...20 % летких кислот з яких розчинених до 2 %.

За своїм жирнокислотним складом кокосове масло багате на насичені жири, їх вміст у відсотках складає 96,81 %; мононенасичених жирів, представлених олеїновою кислотою — 2,65 % та поліненасичених жирних кислот — 0,53 % [2].

Вітчизняні рослинні олії, такі як: соняшникова, високоолеїнова соняшникова, соєва, гарбузова, кукурудзяна та інші більш корисні, але не такі технологічні для виробництва морозива. Вони володіють менш пластичними властивостями, мають специфічний присмак, не твердіють при дозріванні. Тому перед вченими стає питання розробки технології морозива з комбінованим складом сировини з використанням вітчизняних рослинних олій.

Мета даної роботи — дослідження жирнокислотного складу вітчизняних рослинних олій, та проектування жирового модулю в сумішах для виробництва морозива з комбінованим складом сировини, максимально наближеного до «гіпотетично ідеального жиру».

Викладення основного матеріалу. Морозиво — це багатокомпонентна полідисперсна система, що складається з безперервного дисперсійного середовища і диспергованих у ньому дрібних часточок: бульбашок повітря, жирових кульок, кристалів льоду та лактози, шматочків наповнювачів та ін. [3].

Історія охолоджувальних засобів від спеки під час збирання врожаю. Для цього змішували молоко, натуральні смакові речовини, мед, сніг або лід.

Виробництво морозива в Україні бере початок з радянських часів, де було налагоджено промислове виробництво цього замороженого десерту. Розвивалась технічна і нормативна база, з'явилися перші лінії з виробництва морозива. Обсяги виробництва росли [4].

Морозиво в Україні сьогодні — це досить молода, розвинена та прибуткова галузь, а отже є великі перспективи в її подальшому розвитку та розширенню асортименту.

Отримують морозиво шляхом пастеризації, гомогенізації, збивання та одночасного заморожування десертних сумішей.

Морозиво класифікують в залежності від сировини, яка застосовується, на такі класи:

- морозиво на молочній основі;
- морозиво з комбінованим складом сировини;
- плодово—ягідне (овочево);
- ароматичне;
- шербет;
- фруктовий лід.

Великий сегмент ринку виробництва морозива в Україні займає морозиво з комбінованим складом сировини. В якості заміни молочного жиру використовують тверду рослинну олію, а саме: кокосову, пальмову та пальмоядрову. Ці олії володіють гарними пластичними властивостями та органолептичними показниками, але ж і є проблеми з підвищеними властивостями шкідливих для здоров'я трансізомерів жирних кислот. Регулярне

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

вживання трансізомерів призводить до поступового зниження корисного холестерину у крові і підвищення рівня шкідливого холестерину. Травні ферменти втрачають здатність до перетравлення їжі, в результаті чого організм не отримує харчові речовини. Вказані олії не характерні для нашої кліматичної зони, адже добувають їх у тропіках.

Морозиво — це саме той десерт, який люблять люди усіх вікових категорій, але діти — це найпоширеніша категорія споживачів. Тому стає необхідність випуску корисної та безпечної продукції.

Харчування впливає безпосередньо на життєдіяльність організму, ріст, розвиток, стан здоров'я дитини. Якщо говорити про дітей дошкільного і шкільного віку, то затвердженого регламенту на жирнокислотний склад жирів немає [5]. Але існує «гіпотетично ідеальний жир», склад якого наведено у табл. 1.

Такий склад ліпідів сприятливо впливає на правильну роботу організму, підтримує гомеостаз метаболічних процесів. За останні роки склалась тенденція росту кількості захворювань на ожиріння, атеросклероз та інші хвороби, пов'язані зі споживанням підвищеної кількості тваринних жирів. А отже, доцільне створення морозива з комбінованим складом сировини саме з таким жирнокислотним співвідношенням.

Жири є одним із основних компонентів продуктів харчування. Вони входять до складу клітин організму, приймають участь у обміні речовин, забезпечують добрий стан кліткових мембран, відіграють значну роль у розвитку імунітету та виступають у якості поживного, захисного та теплоізоляційного матеріалу [5]. З жиром до організму людини надходять жиророзчинні вітаміни та незамінні жирні кислоти. Жирні кислоти — це кислоти природних жирів, вони поділяються на насичені та ненасичені. Ненасичені, в свою чергу поділяються на мононенасичені, які мають один подвійний зв'язок, та поліненасичені, які мають два, три чи чотири подвійних зв'язків. Ці жирні кислоти мають велику цінність для організму [6].

Таблиця 1 — Рекомендований жирнокислотний склад ліпідів у «гіпотетично ідеальному жирі»

Рекомендований еталон жиру	Сума жирних кислот, г/100 г ліпідів					
	насичені жирні кислоти (НЖК)	мононенасичені жирні кислоти (МНЖК)	поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК)	лінолева кислота	ліноленова кислота	арахідонова кислота
Для дорослих	30,0	60,0	10,0	7,5	1,0	1,5
Для школярів	33,0	56,0	10,6	8,4	0,8	1,4

Було досліджено рослинні олії, що представлені на ринку України, за жирнокислотним складом, який наведено у табл. 2 [7].

Таблиця 2 — Жирнокислотний склад дослідних рослинних олій

Показники	Рослинні олії						
	кукурудзяна рафінована	оливкова рафінована	соняшникова рафінована	високо-олеїнова соняшникова	соева рафінована	абрикосових кісточок рафінована	кокосова олія
— НЖК, %, в т. ч.:	13,3	15,75	11,3	10,2	15,55	5,93	96,81
міристинова (C _{14:0})	—	—	—	—	—	—	17,69
пальмітинова (C _{16:0})	11,10	12,9	6,20	5,30	10,61	4,78	7,74
стеаринова (C _{18:0})	2,20	2,5	4,10	4,15	4,31	1,15	8,01
арахинова (C _{20:0})	—	0,35	0,30	0,46	0,32	—	0,10
бегенова (C _{22:0})	—	—	0,70	0,29	0,31	—	—
— МНЖК, %, в т. ч.:	24,00	66,90	23,80	85,97	21,44	71,93	2,65
пальмітолеїнова (C _{16:1})	—	1,55	сл.	4,86	0,10	0,72	—
олеїнова (C _{18:1})	24,00	64,90	23,70	70,11	21,34	71,21	2,65
гадолеїнова (C _{20:1})	—	0,50	сл.	5,65	—	—	—
ерукова (C _{22:1})	—	—	—	5,35	—	—	—
— ПНЖК, %, в т. ч.:	57,60	12,10	59,80	3,78	61,4	20,65	0,53
лінолева (C _{18:2})	57,00	12,00	59,80	3,20	55,67	20,65	0,53
ліноленова (C _{18:3})	0,60	сл.	—	0,58	5,73	—	—

Керуючись отриманими даними жирнокислотного складу вищезазначених олій було проведено математичне моделювання жирової суміші з заміною молочного жиру у різних пропорціях. Дані оформлені у табл. 3.

При розрахунку оптимального жирнокислотного складу молочного—жирової суміші, рекомендованої для виробництва морозива з комбінованим складом сировини, враховували рекомендований жирнокислотний склад «гіпотетично ідеального жиру». В якості функції оптимальності була вибрана ступінь приближення співвідно-

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

шення між насиченими (НЖК), мононенасиченими (МНЖК) та поліненасиченими (ПНЖК) жирними кислотами в цих сумішах. Це співвідношення повинно бути максимально наближене до значень [8]:

$$A_{\text{НЖК}} : A_{\text{МНЖК}} : A_{\text{ПНЖК}} = 0,3 : 0,6 : 0,1, \quad (1)$$

де $A_{\text{НЖК}}$, $A_{\text{МНЖК}}$, $A_{\text{ПНЖК}}$ — відповідно, загальна кількість НЖК, МНЖК та ПНЖК у молочно—жировій суміші, яке визначається за виразами:

$$A_{\text{НЖК}} = \sum_{i=1}^k a_{\text{НЖК},i} x_i, \quad (2)$$

$$A_{\text{МНЖК}} = \sum_{i=1}^k a_{\text{МНЖК},i} x_i, \quad (3)$$

$$A_{\text{ПНЖК}} = \sum_{i=1}^k a_{\text{ПНЖК},i} x_i, \quad (4)$$

де $A_{\text{НЖК}}$, $A_{\text{МНЖК}}$, $A_{\text{ПНЖК}}$ — відповідно, загальна кількість НЖК, МНЖК та ПНЖК в i -тому компоненті молочно—жировій суміші;

x_i — масова частка i -го компоненту у суміші;

k — загальна кількість компонентів у суміші.

Таблиця 3 — Математичне моделювання молочно—жирової суміші

Вміст компоненту у молочно—жировій суміші				НЖК	МНЖК	ПНЖК	ЖК	0,5	3	6
молочний жир	соєва рафінована олія	високо-олеїнова соняшникова олія	олія абрикосових кісточок							
0,5	0	0,25	0,25	13,56	21,68	3,61	38,85	0,63	3,76	6,01
0,5	0	0,29	0,21	13,63	21,90	3,34	38,87	0,62	4,08	6,56
0,5	0,07	0,43	0	14,13	21,28	3,54	38,95	0,66	4,00	6,02
0,5	0,08	0,42	0	14,16	21,02	3,77	38,94	0,67	3,76	5,58
0,5	0,1	0,4	0	14,20	20,50	4,23	38,93	0,69	3,36	4,85
0,6	0	0,2	0,2	15,62	19,70	3,35	38,68	0,79	4,66	5,87
0,6	0	0,21	0,19	15,64	19,75	3,29	38,68	0,79	4,76	6,01
0,6	0	0,22	0,18	15,66	19,81	3,22	38,69	0,79	4,86	6,15
0,6	0	0,23	0,17	15,67	19,87	3,15	38,69	0,79	5,09	6,46
0,6	0	0,24	0,18	15,69	19,92	3,08	38,70	0,79	5,21	6,62
0,7	0,2	0,05	0,05	18,68	11,57	7,91	38,16	1,61	2,36	1,46
0,7	0	0,15	0,15	19,41	12,46	6,63	38,50	1,56	2,86	1,83
0,7	0	0,2	0,1	19,14	11,91	7,42	38,47	1,61	2,58	1,61
0,7	0,05	0	0,25	19,92	13,61	4,97	38,49	1,46	4,01	2,74
0,7	0,05	0,25	0	18,54	10,87	8,93	38,34	1,71	2,08	1,22
0,8	0,15	0	0,05	20,50	11,84	5,76	38,09	1,73	3,56	2,06
0,8	0,20	0	0	20,18	11,34	6,47	37,99	1,78	3,12	1,75
0,8	0,05	0,15	0	20,31	11,19	6,70	38,20	1,82	3,03	1,67
0,8	0,15	0,05	0	20,22	11,29	6,55	38,06	1,79	3,09	1,72
0,8	0	0,1	0,1	20,91	12,23	5,19	38,33	1,71	4,02	2,35

Тоді ступінь наближення вказаних співвідношень між НЖК, МНЖК, ПНЖК у молочно—жировій суміші можна оцінити за нелінійним рівнянням

$$\left(\frac{A_{\text{НЖК}}}{A_{\text{МНЖК}}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{A_{\text{НЖК}}}{A_{\text{ПНЖК}}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{A_{\text{МНЖК}}}{A_{\text{ПНЖК}}} - 1 \right)^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

В рішенні задачі моделювання були прийняті такі обмеження [9]:

— відношення насичених жирних кислот до мононенасичених у «гіпотетично ідеальному жирі» повинне бути максимально наближене до 0,5;

— відношення насичених жирних кислот до поліненасичених у «гіпотетично ідеальному жирі» повинне складати 3,0...3,3;

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

— відношення мононенасичених жирних кислот до поліненасичених жирних кислот у «гіпотетично ідеальному жири» повинне бути наближене до 6.

Результати моделювання жирнокислотного складу сумішей для виробництва морозива з комбінованим складом сировини наведено у табл. 4.

Таблиця 4 — Результати математичного моделювання молочно—жирової суміші

Вміст компоненту у молочно-жировій суміші				НЖК	МНЖК	ПНЖК	ЖК	0,5	3	6
молочний жир	соєва рафінована олія	високо-олеїнова соняшникова олія	олія абрикосових кісточок							
0,5	0	0,25	0,25	13,56	21,68	3,61	38,85	0,63	3,76	6,01
0,5	0	0,29	0,21	13,63	21,90	3,34	38,87	0,62	4,08	6,56
0,5	0,07	0,43	0	14,13	21,28	3,54	38,95	0,66	4,00	6,02
0,5	0,08	0,42	0	14,16	21,02	3,77	38,94	0,67	3,76	5,58
0,5	0,1	0,4	0	14,20	20,50	4,23	38,93	0,69	3,36	4,85

Таким чином, отримані оптимальні співвідношення молочно—жирових сумішей для виробництва морозива з комбінованим складом сировини. Це такі суміші, в яких при дотриманні всіх обмежень співвідношення $A_{НЖК} : A_{МНЖК} : A_{ПНЖК}$ найбільш наближене до рекомендованого жирнокислотного складу ліпідів. При цьому оптимальний процент заміни молочного жиру сумішшю рослинних олій складає 50 %.

Найбільш наближеною до потрібного значення обрано суміш із співвідношенням молочного жиру : високоолеїнової рафінованої соняшникової олії : олії абрикосових кісточок як 50,0 : 25,0 : 25,0, відповідно.

Висновки. Враховуючи дані про стан здоров'я людей у світі можна зробити висновок, що використання великої кількості тваринних жирів призводить до тяжких захворювань. За для уникнення цих проблем є доцільним використання рослинних олій замість кокосової при виробництві морозива з комбінованим складом сировини.

Література

1. Морозиво з комбінованим складом сировини. Загальні технічні умови [Текст]: ДСТУ 4735:2007. — [Чинний від 2008-01-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2007. — 13 с. — (Національні стандарти України).
2. Зиновьев, А. А. Химия жиров [Текст]: учебное пособие для вузов / А. А. Зиновьев. — М.: Пищепромиздат, 1952. — 551 с.
3. Бартковський, І. І. Технологія морозива [Текст]: навчальний посібник / І. І. Бартковський, Г. Є. Поліщук, Т. Є. Шарахматова та ін., — К.: [б. в.], 2010. — 246 с.
4. Кладий, А. Г. Мороженое — это бизнес: благородный и благодарный, вечный и верный, мировой и мирный [Текст] / А. Г. Кладий, А. В. Шамапов. — М.: ИИС «Парус», 2000. — 600 с.
5. Крашенин, П. Ф. Технология детских и диетических молочных продуктов [Текст]: справочник / П. Ф. Крашенин, Л. Н. Иванова, В. С. Медузев, и др.; Под общ. ред. Я. И. Костин — М.: Агропромиздат, 1988. — 232 с.
6. Скурихин, И. М. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот и углеводов [Текст] / под. ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.
7. Иванов, С. В. Технологія купажованих жирів збалансованого жирнокислотного складу [Текст]: монографія / С. В. Иванов, Л. В. Пешук, І. Г. Радзівська. — К.: НУХТ, 2013. — 210 с.
8. Дидух, Н. А. Кефир детского питания с длительным сроком хранения [Текст] / Н. А. Дидух, С. В. Романченко // Техника и технология пищевых производств: VIII международная научно-техническая конференция, 27-28 апреля 2011 г.: тезисы докладов: в 2 ч. / Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия». — Могилев, 2011. — Ч. 1. — С. 243.
9. Геродиетические продукты функционального питания [Текст] / А. Н. Петров, Ю. Г. Григоров, С. Г. Козловская, В. И. Ганина. — М.: Колос-Пресс, 2001. — 96 с.

References

1. Morozivo z kombinovanim skladom sirovini. (2008): DSTU 4735:2007. Kiev: Derzhspozhyvstandart Ukraini, 11.
2. Zinov'ev, A. A. (1952). Khimiya zhirov. Moskva: Pishchepromizdat, 552.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

3. Bartkovskii, I. I., Polishchuk, G. Ye., Sharakhmatova, T. Ye., Turovska, L. L., Gudzh, I. S. (2010). Tekhnologiya moroziva. Kiev.: [b.v.], 246.
4. Kladii, A. G., Shamanov, A. V. (2000). Morozhenoe – eto biznes: blagorodnyi i blagodarnyi, vechnyi i vernyi, mirovoi i mirnyi. Moskva: IIS «Parus», 600.
5. Krasheninina, P. F., Ivanova, L. N., Meduzov, V. S. (1988). Tekhnologiya detskikh i dieticheskikh molochnykh produktov / Pod. red. Ya. I. Kostina. Moskva: Agropromizdat, 232.
6. Skurikhin, I. M. (1987). Himicheskij sostav pishhevyykh produktov. Kn. 2: Spravochnye tablicy sodержaniya aminokislot, zhirnykh kislot i uglevodov / Pod. red. I. M. Skurikhina, M. N. Volgareva, 2-e izd., pererab. i dop. Moskva: Agropromizdat, 360.
7. Ivanov, S. V., Peshuk, L. V., Radzievs'ka, I. G. (2013). Tekhnologiya kupazhovanikh zhiriv zbalansovanogo zhirnokislотноgo skladu. Kiev: NUKhT, 210.
8. Diduh, N. A., Romanchenko, S. V. (2011). Kefir detskogo pitaniya s dlitel'nym srokom hraneniya. Tehnika i tekhnologiya pishhevyykh proizvodstv: VIII mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya: tezisy dokladov: v 2 ch. / Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Uchrezhdeniye obrazovaniya «Mogilevskiy gosudarstvennyy universitet prodovol'stviya». Mogilev, 1, 243.
9. Petrov, A. N., Grigorov, Yu. G., Kozlovskaya, S. G., Ganina, V. I. (2001). Gerodieticheskie produkty funktsional'nogo pitaniya. Moskva: Kolos-Press, 96.

УДК 637.146.344:136.5:664.782.86

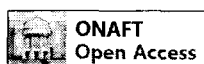
**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАЦІЇ
МОЛОЧНО—РИСОВИХ СУМІШЕЙ ЙОГУРТОВИМИ ЗАКВАСКАМИ
GROUNDING OF FERMENTATION PARAMETERS OF RICE
MILK—BASED FORMULAE WITH YOGHURT FERMENTS**

**Ткаченко Н. А., д-р техн. наук, професор, Чагаровський О. П., д-р техн. наук, професор,
Ізбаш Є. О., канд. техн. наук, доцент, Копійко А. В., магістр
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Tkachenko N. A., Chagarovskii O. P., Izbash E. O., Kopyiko A. V.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



У роботі наведено вимоги сучасної нутриціології щодо співвідношення основних харчових нутрієнтів у харчуванні дорослої здорової людини; показано відсутність на ринку України кисломолочних продуктів з пробіотичними властивостями зі збалансованим співвідношенням білків, жирів і вуглеводів; проаналізовано вітчизняні та закордонні наукові розробки технологій комбінованих продуктів на основі молочної сировини; обґрунтовано актуальність розробки технологій комбінованих йогуртових напоїв з пробіотичними властивостями, збалансованим складом основних харчових нутрієнтів та подовженим терміном зберігання на основі молочної, зернової та фруктовো—ягідної (або овочевої) вітчизняної сировини із застосуванням принципу «проекування харчових продуктів».

Для розробки технологій цільових продуктів важливим етапом є обґрунтування параметрів біотехнологічного оброблення сировини — молочно—рисових сумішей із оптимальним співвідношенням інгредієнтів. Для ферментації рекомендовано використовувати традиційні йогуртові культури (заквашувальні бакконцентрати безпосереднього внесення FD DVS Yo-flex) та адаптовані до молока монокультури *Bifidobacterium animalis* Bb-12 у складі бакконцентрату безпосереднього внесення FD DVS Bb-12 у співвідношенні 3:1 відповідно. Ферментацію молочно—рисових сумішей здійснювали за температури 40 ± 1 °C протягом 8 годин. У процесі біотехнологічного оброблення молочно—рисових сумішей визначали їх в'язкість, активність кислотоутворення заквашувальної композиції, кількість життєздатних клітин *B. animalis* Bb-12 та йогуртових культур, за якими роз-

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

раховували питому швидкість їх росту. За результатами досліджень рекомендовано ферментацію молочно—рисових сумішей здійснювати за температури 40 ± 1 °C протягом 7,5...8,0 годин.

The paper reflects the requirements of modern nutritiology in regards to the ratio of basic nutrients of an adult healthy person nutrition process; absence of fermented milk products having probiotic properties with balanced ratio of proteins, fats and carbohydrates in the Ukrainian market is specified; domestic and foreign scientific research results of technologies of combined milk—based raw materials are analyzed; timeliness of scientific research of technologies of combined yoghurt drinks having probiotic properties, well—balanced composition of the main nutrients and storage period extension and which are based on milk, cereal and fruit—berry (vegetable) domestic raw material with application of «whole food scheming» principle is grounded.

Grounding of parameters of biotechnological processing of raw material, namely rice milk—based formulae with favorable ratio of ingredients, is an important stage of technology development for target products. Traditional yoghurt cultures (FD DVS Yo-flex fermenting bacteria concentrates of direct insertion) and milk—adapted monoculture of Bifidobacterium animalis Bb-12 in the composition of bacteria concentrate FD DVS Bb-12 of direct insertion, 3:1 correspondingly are recommended to use for fermentation. Rice milk—based fermentation must be done at 40 ± 1 °C during 8 hours. During biotechnological processing of rice milk—based formulae, their viscosity was measured as well as activity of acid production of the fermenting composition, number of viable bacterial cells B. animalis Bb-12 and yoghurt cultures, according to which specific growth rate was calculated. According to the research results, fermentation of rice milk—based formulae is recommended to be done at 40 ± 1 °C during 7.5...8.0 hours.

Ключові слова: комбінований йогуртовий напій, збалансований хімічний склад, молочно—рисова суміш, ферментація, йогуртові культури, біфідобактерії, кислотність, в'язкість.

Key words: combined yoghurt drink, balanced chemical composition, rice milk—based formulae, fermentation, yoghurt cultures, bifidus bacteria, acid content, viscosity.

Постановка проблеми та її зв'язок з найважливішими науковими і практичними завданнями. Раціональне харчування є одним з найважливіших чинників, який забезпечує збереження здоров'я та працездатності людини, подовжує тривалість та підвищує якість її життя. Однією з умов підтримання здоров'я, працездатності та довголіття людини є дотримання трьох основних принципів раціонального харчування, які включають [1]:

- баланс енергії, що надходить із їжею і витрачається людиною в процесі життєдіяльності;
- задоволення потреб організму людини у певній кількості та співвідношенні харчових речовин;
- дотримання режиму харчування.

У харчуванні дорослої здорової людини співвідношення білків : жирів : вуглеводів повинно становити 1 : 1 : 4 [1]. На особливу увагу заслуговують молочні продукти, збагачені пробіотиками, які здійснюють фізіологічно значимий вплив на організм людини. Однак жоден із розроблених на сьогоднішній день пробіотичних продуктів, призначених для харчування дорослих людей, не містить основні харчові нутрієнти (білки, жири, вуглеводи) в оптимальному співвідношенні — 1 : 1 : 4 [1, 2]. Саме тому, а також у зв'язку із недостатнім споживанням людиною тих чи інших макро— і мікронутрієнтів, виникла гостра необхідність у створенні інноваційних технологій комбінованих молочних продуктів зі збалансованим співвідношенням основних харчових нутрієнтів, які би базувались на використанні молочної, зернової та фруктово—ягідної (або овочевої) вітчизняної сировини і пробіотичних заквасок безпосереднього внесення і мали тривалий термін зберігання. Тому створення комбінованих кисломолочних йогуртових напоїв з пробіотичними властивостями, збалансованим хімічним складом та тривалим терміном зберігання вирішує задачу виробництва продуктів здорового харчування, найбільш фізіологічних для організації адекватного повноцінного харчування дорослих людей різних професійних груп і є актуальним на сучасному етапі завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сьогодні досить інтенсивно розвивається теорія моделювання харчових продуктів із заданими хімічним складом та споживчими властивостями, згідно якої харчові продукти повинні не тільки підтримувати енергетичний баланс організму, але і бути адекватними особливостям процесу травлення людини, які склалися в процесі еволюції. Це досягається, в першу чергу, за рахунок використання сировини, яка виробляється на території, де проживає людина, є найбільш фізіологічною для неї, сприяє адекватному сприйняттю харчових продуктів системою травлення, підвищенню ступеню засвоєння харчових нутрієнтів та подовженню тривалості життя [2]. Принципам збалансованого харчування найбільш повно відповідають комбіновані харчові продукти, оскільки цільове комбінування рецептурних інгредієнтів забезпечує отримання харчової композиції із заданим хімічним складом [1]. Такий підхід складає основу принципу комплексного використання сировини, переваги якого полягають у потенційній можливості взаємного збагачення введених до рецептури інгредієнтів з метою створення композицій, які найбільш повно відповідають формулі збалансованого харчування.

Науковий підхід до створення нових видів комбінованих харчових продуктів, які за своєю харчовою, біологічною цінністю і біологічною ефективністю відповідають фізіологічним нормам, а також конкретним профе-

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

сійно—віковим групам населення, визначив інтенсивний розвиток досліджень, об'єднаних поняттям «проекування харчових продуктів» [2].

При розробці комбінованих харчових продуктів на молочній основі молоко найчастіше поєднують з сировинними інгредієнтами рослинного походження, багатими на:

— пребіотики, харчові волокна, біологічно активні речовини (різні види борошна (в т.ч. гідролізованого), висівок, пластівців, екстрактів, які отримують із зернової й фруктові сировини, що вирощується у регіоні, для якого розробляється продукт [3—7];

— повноцінні білки рослинного походження (екстракти, концентрати та ізоляти низки бобових культур) [8];

— есенціальні поліненасичені жирні кислоти (лляна, ріжикова, малинова, виноградна і інші види олій) [9].

В Україні наукові дослідження щодо розробки комбінованих кисломолочних продуктів сьогодні обмежуються продуктами для харчування дітей, зокрема сиркових виробів із додаванням рисового борошна для дитячого харчування [7], а також молокозмісними кисломолочними продуктами із використанням замінників молочного жиру, до яких вітчизняний споживач відноситься вкрай негативно. У провідних країнах світу також розробляють комбіновані молочні продукти для дітей [5], однак представлені і комбіновані кисломолочні продукти для дорослого населення, зокрема: кисломолочні напої з використанням пробіотиків *L. rhamnosus* IMC 501® і *L. paracasei* IMC 502® і додаванням гречаного борошна і рисових висівок [3]; йогуртові напої з використанням пробіотиків *L. Casei* [4], *L. rhamnosus* і *L. acidophilus* [8] і додаванням екстракту кукурудзи [4] та різних бобових культур [8]; кисломолочні напої з використанням пробіотиків *L. acidophilus* La-5 і *B. animalis* Bb-12 і додаванням різних видів фруктового борошна [6]; йогуртові напої, збагачені омега—3 жирними кислотами [9] тощо. Основними недоліками розроблених комбінованих продуктів є: вибір співвідношення сировинних інгредієнтів лише за результатами сенсорного аналізу [3—8], відсутність комплексного підходу до проектування складу комбінованих продуктів, який би враховував всі вимоги сучасної нутриціології [2—9]. Тому розроблені продукти не мають збалансованого складу основних харчових нутрієнтів (білків, жирів, вуглеводів) [3—8] або характеризуються збалансованістю лише за деякими з них [9]. Отже, перспективним напрямом наукових досліджень є створення комбінованих молочних продуктів зі збалансованим складом всіх харчових нутрієнтів, пробіотичними властивостями та тривалим терміном зберігання, в т.ч. йогуртових напоїв.

Викладення основного матеріалу. Результати математичного моделювання, здійсненого авторами [10], свідчать про можливість виробництва комбінованих йогуртових напоїв зі збалансованим співвідношенням білків, жирів і вуглеводів. Розроблені рецептури передбачають використання у якості сировинних інгредієнтів йогуртової основи, сирної сироватки, рисового борошна для дитячого харчування та гарбузового наповнювача з цукром [10].

Результати попереднього експериментального вироблення зразків комбінованих йогуртових напоїв свідчать про доцільність ферментації нормалізованих молочно—рисових сумішей із подальшим змішуванням отриманих ферментованих молочно—зернових згустків із підготовленою сирною сироваткою та гарбузовим наповнювачем з цукром при температурі 40 ± 1 °C та гомогенізацією отриманого йогуртового напою. Таке технологічне рішення забезпечує гарні реологічні властивості ферментованих молочно—рисових згустків та однорідну консистенцію цільових продуктів, яка зберігається протягом тривалого терміну зберігання — не менше 14...15 діб. Це пояснюється тим, що при ферментації молочно—рисових сумішей заквашувальними культурами відбувається формування єдиної просторової сітки — гелю. Структуровані системи, які виникають при цьому, містять незворотно—непорушні та тіксотропно—зворотні зв'язки. При виробництві кисломолочних напоїв важливо отримати згусток з переважанням незворотно—непорушних зв'язків; при виробництві білкових продуктів — згусток з максимальною кількістю тіксотропно—зворотних зв'язків [11]. Використання у технології комбінованих йогуртових напоїв рисового борошна для дитячого харчування, яке містить природний стабілізатор — рисовий крохмаль, на стадії нормалізації суміші дозволить направлено регулювати процес гелеутворення при ферментації та забезпечувати отримання згустку із незворотно—непорушними зв'язками.

При внесенні рисового борошна у сирну сироватку перед тепловим обробленням з подальшим змішуванням охолодженої сироватково—рисової суміші з йогуртовим згустком та гарбузовим наповнювачем з цукром навіть при застосуванні гомогенізації не забезпечує отримання продукту з однорідною консистенцією без відстоювання сироватки при зберіганні.

Для отримання йогуртових напоїв з пробіотичними властивостями рекомендовано використання для ферментації сировини композицій йогуртових культур та біфідобактерій. Пробіотичні властивості цільових продуктів знаходяться у прямій залежності від біомаси пробіотичних культур [12]. Підвищення кількості життєздатних клітин біфідобактерій у ферментованих продуктах можливо трьома шляхами [12]: перший — за рахунок використання оптимальних співвідношень культур біфідо— і лактобактерій у заквашувальних композиціях; другий — за рахунок використання біфідогенних факторів; третій — за рахунок адаптації пробіотичних куль-

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

тур біфідобактерій до молока. Поєднання вказаних трьох шляхів при виробництві комбінованих йогуртових напоїв дасть можливість на декілька порядків підвищити їх пробіотичні властивості та подовжити тривалість зберігання.

Тому метою даного наукового дослідження стало обґрунтування параметрів ферментації молочно—рисових сумішей заквашувальними композиціями із йогуртових культур та адаптованих до молока монокультур біфідобактерій для виробництва комбінованих йогуртових напоїв з пробіотичними властивостями і збалансованим хімічним складом.

Для проведення експериментальних досліджень в лабораторних умовах кафедри технології молока, жирів і парфумерно—косметичних засобів ОНАХТ зразки молочно—рисових сумішей готували із використанням молока незбираного з масовою часткою жиру 3,2 %, вершків із масовою часткою жиру 33 %, рисового борошна для дитячого харчування (РБДХ) та фруктози. На першому етапі готували чотири молочні суміші із визначеними шляхом математичного моделювання [12] масовими частками жиру змішуванням молока незбираного із вершками, після чого підігрівали їх до температури 20...26 °С. На другому етапі вносили у підігріті нормалізовані за масовою часткою жиру молочні суміші розраховану кількість РБДХ (масова частка борошна у зразках 1, 2, 3 та 4 складала 8,70, 6,80, 5,36 та 4,07 % відповідно) і фруктозу як біфідогенний фактор у кількості 0,10 % [10]. Отримані молочно—рисові суміші перемішували протягом 20...30 хвилин, підігрівали до температури 65...70 °С, емульгували при частоті обертів мішалки емульгатора 3500...4000 об/хв протягом 5 хв, нагрівали до температури пастеризації 90...95 °С, витримували при зазначеній температурі протягом 10 хв у тарі, в якій у подальшому здійснювали охолодження до температури заквашування — 40±1 °С, заквашування і ферментацію.

У всі охолоджені до температури 40±1 °С зразки вносили бакконцентрат безпосереднього внесення *FD DVS Yo-flex Mild 1.0* у кількості, яка забезпечувала концентрацію життєздатних клітин йогуртових культур (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* і *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* у співвідношенні 1:1) при інокуляції $3,0 \cdot 10^5$ КУО/см³. Для надання цільовому продукту пробіотичних властивостей крім бакконцентрату *FD DVS Yo-flex Mild 1.0* у молочно—рисові суміші вносили також адаптовані до молока монокультури *Bifidobacterium animalis Bb-12* у складі бакконцентрату безпосереднього внесення *FD DVS Bb-12* у кількості 1 г на 1000 кг суміші, яка забезпечувала вихідну концентрацію біфідобактерій $1,0 \cdot 10^5$ КУО/см³ [10]. Обрана температура ферментації — 40±1 °С — є оптимальною для розвитку йогуртових культур та прийнятною для розвитку *Bifidobacterium animalis Bb-12*, оскільки для останніх оптимальна температура росту — 37...38 °С.

Усі заквашені зразки перемішували 15...20 хв і сквашували при температурі 40±1 °С протягом 8 годин. У процесі ферментації контролювали активність кислотоутворення заквашувальної композиції, яка була використана за зміною титрованої і активної кислотності молочно—рисовий сумішей (рис. 1 а, 1 б відповідно), зміну умовної в'язкості (рис. 1 в), кількості життєздатних клітин монокультур *B. animalis Bb-12* і йогуртових культур (рис. 2 а, 2 б відповідно), а також розраховували питому швидкість їх росту (рис. 2 в, 2 г відповідно).

Тривалість ферментації експериментальних зразків молочно—рисових сумішей складає 7,5...8,0 год (рис. 1 б); за цей час досягається ізоелектрична точка казеїну (рН = 4,6 од). Найшвидше сквашується зразок 1, у якому максимальна кількість РБДХ. Напевне, це пояснюється тим, що у цьому зразку протягом перших чотирьох годин сквашування активніше, ніж у інших зразках розвиваються лактобактерії, які є сильними кислотоутворювачами, та менш активно — біфідобактерії (рис. 2 а, 2 б). Титрована кислотність чотирьох зразків знаходиться в межах 73...79 °Т, причому найнижче значення титрованої кислотності 73,0...73,5 °Т має зразок 1, що обумовлено найнижчим вмістом у ньому біфідобактерій (рис. 2 а), а найвище значення кислотності 78,5...79,0 °Т — зразок 4, що пояснюється найвищим вмістом у ньому біфідобактерій (кількість йогуртових культур у всіх разках майже однакова — $0,9...2,5 \cdot 10^9$ КУО/см³ (рис. 2 б).

Найвищу умовну в'язкість 65...68 с має зразок 1, оскільки він містить максимальну масову частку РБДХ — 8,70 %, найнижчу 39...41 с — зразок 4, в якому вміст борошна мінімальний — 4,07 % (рис. 1 в).

Кількість життєздатних клітин монокультури *B. animalis Bb-12* у ферментованих молочно—рисових згустках складає $3,2...8,2 \cdot 10^8$ КУО/см³ (рис. 2 а), що забезпечуватиме високі пробіотичні властивості у продуктах, отриманих на їх основі.

Найактивніший розвиток клітин біфідобактерій спостерігається з другої до шостої години ферментації: питома швидкість росту клітин *B. animalis Bb-12* протягом цього часу складає 1,266...1,899 год⁻¹ (рис. 2 в), причому найвищі значення μ має зразок 4, оскільки він містить найменшу масову частку РБДХ і, відповідно, найвищий вміст вологи, яка сприяє надходженню поживних речовин у мікробну клітину. Після шести годин ферментації питома швидкість росту клітин монокультур *B. animalis Bb-12* зменшується до 0,195...0,388 год⁻¹ (рис. 2 в), що обумовлено зниженням активної кислотності сумішей після шести годин сквашування до рН 5,21...5,41 (рис. 1 б).

Висока концентрація життєздатних клітин *B. animalis Bb-12* у ферментованих молочно—рисових згустках досягається за рахунок комбінування трьох способів стимулювання їх росту: перший — збагачення молочно—

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

рисових сумішей фруктозою як біфідогенним фактором (біфідобактерії зброджують цукри фруктозо—фосфатним шляхом, тому наявність у сировині фруктози сприяє скороченню lag-фази до 20...30 хв); другий — використання адаптованих до молока клітин *B. animalis* Bb-12 (адаптовані клітини біфідобактерій здатні розвиватися у молоці в присутності кисню, зброджувати лактозу, більш стійкі у порівнянні з неадаптованими клітинами до низьких значень активної кислотності та низьких температур зберігання — 4...6 °C); третій — комбінування у складі заквашувальної композиції монокультур *B. animalis* Bb-12 з активними кислотоутворювачами — йогуртовими культурами, які володіють високою β -галактозидазною активністю, гідролізують лактозу молока до галактози і глюкози (останню біфідобактерії використовують у процесі росту як джерело енергії) [12].

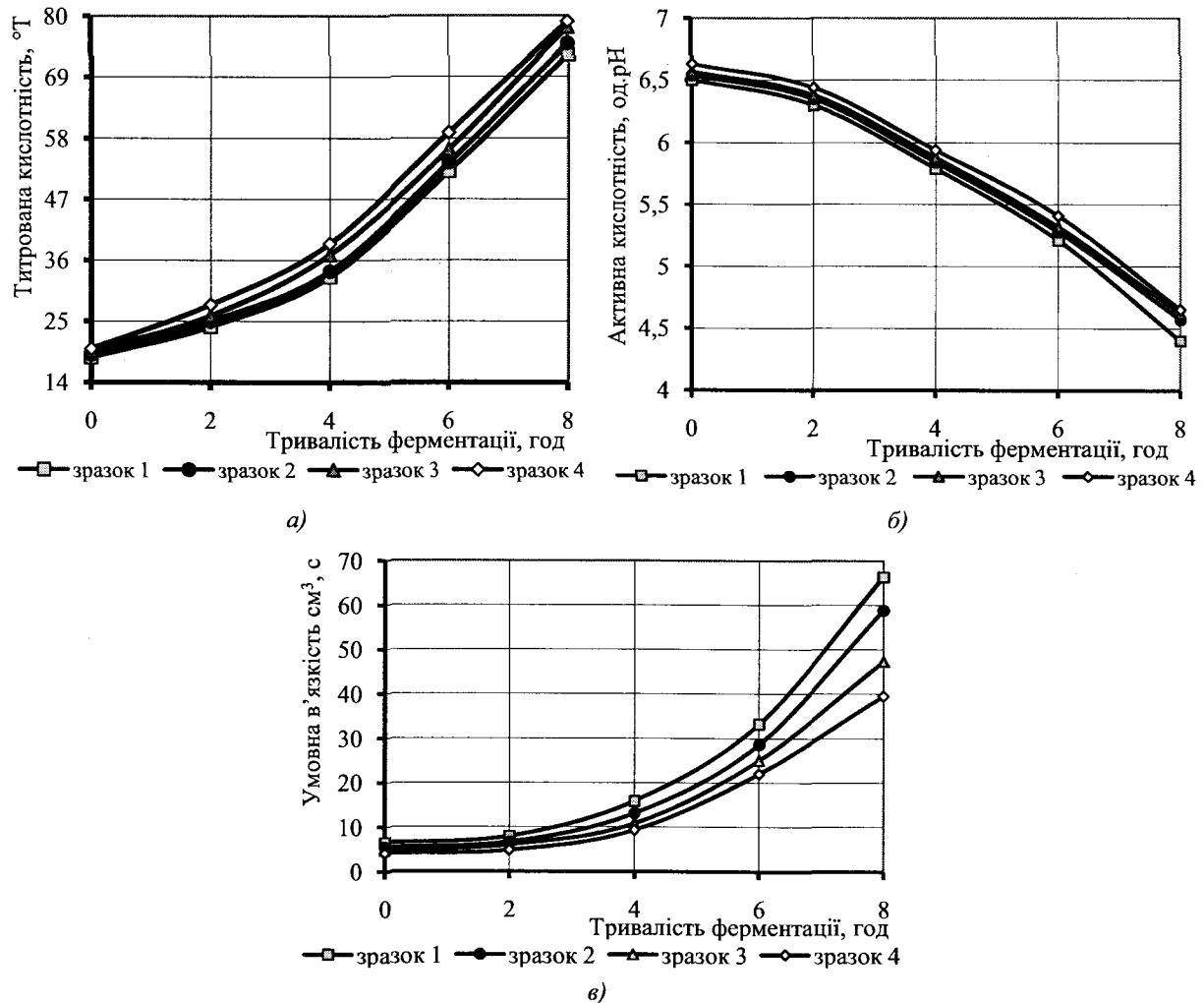
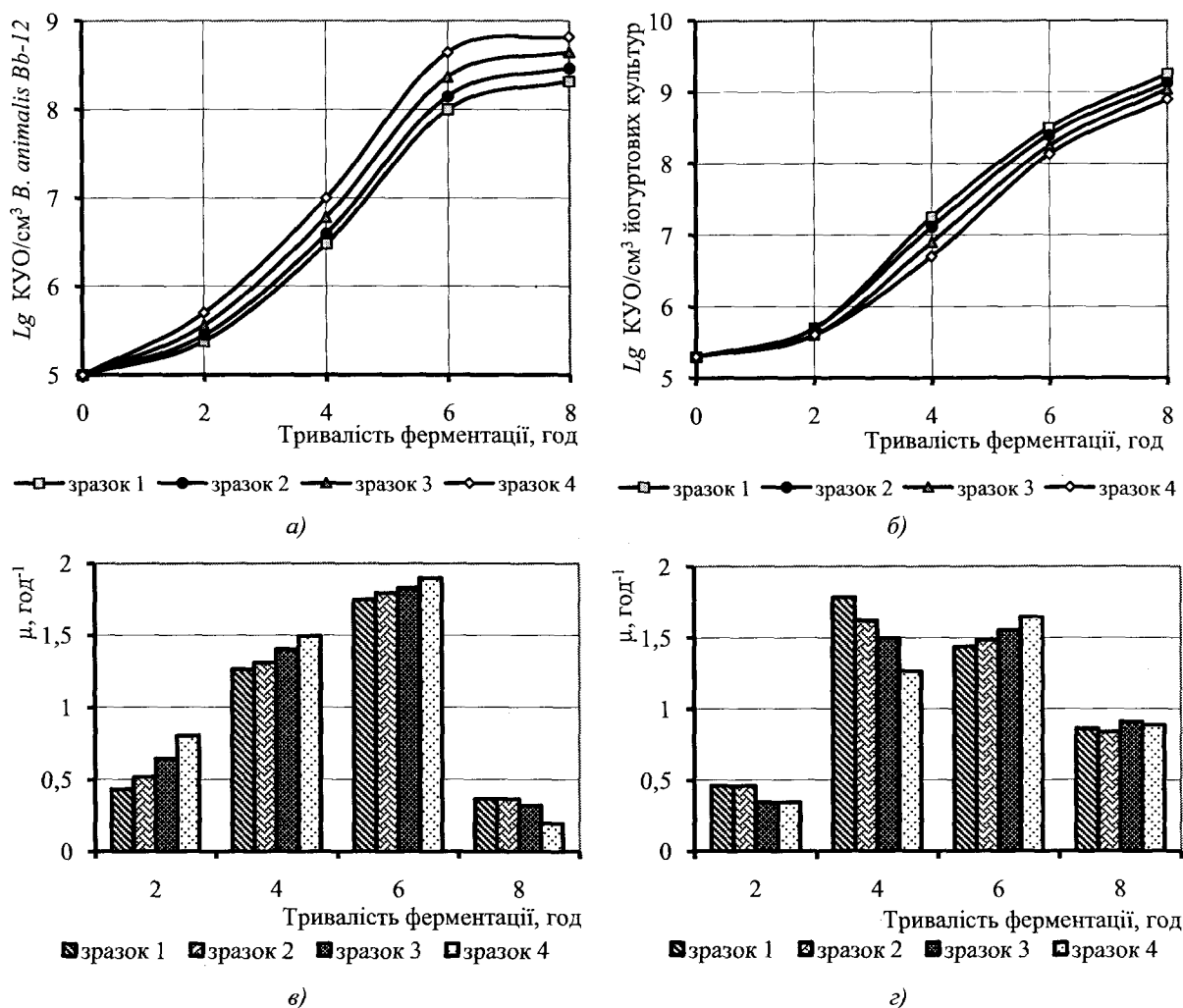


Рис. 1 — Зміна фізико-хімічних та реологічних показників молочно—рисових сумішей у процесі ферментації композицією із йогуртових культур та біфідобактерій

Найвищі значення питомої швидкості росту клітин йогуртових культур — 1,266...1,785 год⁻¹ (рис. 2 г) відзначаються з другої до шостої години сквашування молочно—рисових сумішей. Однак, і після шести годин ферментації μ для лактобактерій залишається досить високою — 0,840...0,909 год⁻¹ (рис. 2 г), що пояснюється вищою стійкістю йогуртових культур до підвищених значень кислотності. Це обумовлює вищу концентрацію життєздатних клітин *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* + *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* у ферментованих згустках, ніж біфідобактерій.

Отже, параметри ферментації молочно—рисових сумішей у технології комбінованих молочно—рисових йогуртових напоїв зі збалансованим хімічним складом та пробіотичними властивостями наступні: температура 40±1 °C, тривалість — 7,5...8,0 год.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ



а) — зміна концентрації життєздатних клітин МК *B. animalis Bb-12*;
 б) — зміна концентрації змішаних культур лактобактерій; в) — питома швидкість росту клітин
 МК *B. animalis Bb-12*; г) — питома швидкість змішаних культур лактобактерій

**Рис. 2 — Зміна концентрації заквашувальних культур у процесі ферментації
 молочно—рисових сумішей йогуртовою закваскою**

Висновки. Обґрунтовано актуальність розробки технологій комбінованих йогуртових напоїв з пробіотичними властивостями, збалансованим складом основних харчових нутрієнтів та подовженим терміном зберігання на основі молочної, зернової та фруктовো—ягідної (або овочевої) вітчизняної сировини.

Показано доцільність ферментації нормалізованих молочно—рисових сумішей, збагачених фруктозою, композиціями йогуртових культур та адаптованих до молока біфідобактерій, із подальшим змішуванням отриманих згустків з підготовленою сирною сироваткою і гарбузовим наповнювачем з цукром та гомогенізацією отриманого йогуртового напою.

Обґрунтовано параметри ферментації молочно—рисових сумішей у технології комбінованих йогуртових напоїв зі збалансованим хімічним складом та пробіотичними властивостями — температура 40 ± 1 °C, тривалість — 7,5...8,0 год.

Доведено високі пробіотичні властивості ферментованих за рекомендованим режимом молочно—рисових згустків: кількість життєздатних клітин *B. animalis Bb-12* та йогуртових культур у них складає $3,2 \dots 8,2 \cdot 10^8$ та $0,9 \dots 2,5 \cdot 10^9$ КУО/см³ відповідно. Отже, виробництво біфідовмісних йогуртових напоїв на основі отриманих

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

молочно—рисових згустків є перспективним, технологія зазначених продуктів потребує подальшого наукового обґрунтування.

Наступні етапи роботи: оптимізація режиму гомогенізації комбінованих йогуртових напоїв; встановлення граничного терміну зберігання цільових продуктів; розробка технології комбінованих молочно—рисових йогуртових напоїв зі збалансованим хімічним складом та пробіотичними властивостями; апробація розробленої технології на виробництві; оформлення патенту та нормативної документації на виробництво цільових продуктів.

Література

1. Гаврилова, Н. Б. Биотехнология комбинированных молочных продуктов [Текст]: монографія / Н. Б. Гаврилова. – Омск: «Вариант-Сибирь», 2004. – 224 с.
2. Аникина, Е. Н. Проектирование рецептуры и разработка технологии биопродукта с овсяным толокном [Текст] / Е. Н. Аникина, О. В. Пасько, С. А. Коновалов. – Аграрный вестник Урала. – № 5 (111). – 2013. – С. 26–29.
3. Coman, M. Effect of buckwheat flour and oat bran on growth and cell viability of the probiotic strains *Lactobacillus rhamnosus* IMC 501®, *Lactobacillus paracasei* IMC 502® and their combination SYN BIO®, in synbiotic fermented milk [Text] / M. Coman, M. Verdenelli, C. Cecchini et al. // International Journal Of Food Microbiology. – Vol. 167, Issue 2. – 2013. – P. 261–268.
4. Sedarnawati, Y. Development of corn milk yoghurt using mixed culture of *Lactobacillus delbrueckii*, *Streptococcus salivarius*, and *Lactobacillus casei* [Text] / Y. Sedarnawati, M. Ayuni // HAYATI Journal of Biosciences. – Vol. 21, Issue 1. – 2014. – P. 1–7.
5. Ferreira, S. Infant dairy-cereal mixture for the preparation of a gluten free cream using enzymatically modified rice flour [Text] / S. Ferreira, M. Caliari, M. Soares Júnior, A. Del Pino Beleia // LWT – Food Science And Technology. – Vol. 59, Issue 2. – 2014. – P. 1033–1040.
6. Casarotti, S. Acidification profile, probiotic in vitro gastrointestinal tolerance and viability in fermented milk with fruit flours [Text] / S. Casarotti, A. Penna // International Dairy Journal. – Vol. 41. – 2015. – P. 1–6.
7. Рудакова, Т. В. Технологія виробів сиркових для дитячого харчування з використанням продуктів переробки зерна [Текст] / Т. В. Рудакова // Зернові продукти і комбікорми. – № 2(58). – 2015. – С. 9–14.
8. Zare, F. Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures [Text] / F. Zare, C. P. Champagne, B. K. Simpson, V. Orsat, J. I. Boye // LWT – Food Science And Technology. – Vol. 45, Issue 2. – 2012. – P. 155–160.
9. Dal Bello, B. Healthy yogurt fortified with n-3 fatty acids from vegetable sources [Text] / B. Dal Bello, L. Torri, M. Piochi, G. Zeppa // Journal of Dairy Science. – Vol. 98, Issue 12. – 2015. – P. 8375–8385.
10. Ткаченко, Н. А. Математичне моделювання компонентного складу комбінованих йогуртових напоїв [Текст] / Н. А. Ткаченко, П. О. Некрасов, А. В. Копійко // Зернові продукти і комбікорми. – 2016. – № 1. – С. 20–25.
11. Горбатова, К. К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова; под общ. ред. К. К. Горбатовой. – 4-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2010. – 336 с.
12. Дідух, Н. А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення [Текст] / Н. А. Дідух, О. П. Чагаровський, Т. А. Лисогор. – Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с.

References

1. Havrylova, N. B. (2004). Byotekhnologiya kombynyrovannikh molochnykh produktov. Omsk: Varyant-Sybyr, 224.
2. Anikina, E. N., Pas'ko, O. V., Kononov, S. A. (2013). Proektirovanie retseptury i razrabotka tekhnologii bioprodukta s ovsyanyam toloknom. Agrarnyy vestnik Urala. 5 (111), 26–29.
3. Coman, M., Verdenelli, M., Cecchini, C., Silvi, S., Vasile, A., Bahrim, G. E., Orpianesi, C., Cresci, A. (2013). Effect of buckwheat flour and oat bran on growth and cell viability of the probiotic strains *Lactobacillus rhamnosus* IMC 501®, *Lactobacillus paracasei* IMC 502® and their combination SYN BIO®, in synbiotic fermented milk. International Journal Of Food Microbiology, 167(2), 261–268.
4. Sedarnawati, Y., Ayuni, M. (2014). Development of corn milk yoghurt using mixed culture of *Lactobacillus delbrueckii*, *Streptococcus salivarius*, and *Lactobacillus casei*. HAYATI Journal of Biosciences, 21 (1), 1–7.
5. Ferreira, S., Caliari, M., Soares Júnior, M., Del Pino Beleia, A. (2014). Infant dairy-cereal mixture for the preparation of a gluten free cream using enzymatically modified rice flour. LWT – Food Science And Technology, 59 (2), 1033–1040.
6. Casarotti, S., Penna, A. (2015). Acidification profile, probiotic in vitro gastrointestinal tolerance and viability in fermented milk with fruit flours. International Dairy Journal, 41, 1–6.
7. Rudakova, T. V. (2015). Tekhnolohiya vyrobiv syrkovykh dlya dytyachoho kharchuvannya z vykorystannyam produktiv pererobky zerna. Zernovi produkty i kombikormy, 2 (58), 9–14.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

8. Zare, F., Champagne, C. P., Simpson, B. K., Orsat, V., Boye, J. I. (2012). Effect of the addition of pulse ingredients to milk on acid production by probiotic and yoghurt starter cultures. *LWT – Food Science And Technology*, 45 (2), 155–160.
9. Dal Bello, B., Torri, L., Piochi, M., Zeppa, G. (2015). Healthy yogurt fortified with n-3 fatty acids from vegetable sources. *Journal of Dairy Science*, 98 (12), 8375–8385.
10. Tkachenko, N. A., Nekrasov, P. O., Kopyko, A. V. (2016). Matematychni modelyuvannya komponentnoho skladu kombinovanykh yohurtovykh napoyiv. *Zernovi produkty i kombikormy*, 1, 20–25.
11. Gorbatova, K. K., Gun'kova, P. I. (2010). *Biokhimiya moloka i molochnykh produktov*. Sankt-Peterburg, GIOR, 329.
12. Didukh, N. A., Chaharovskiy, O. P., Lysohor, T. A. (2008). *Zakvashuvanni kompozytsii dlia vyrobnytstva molochnykh produktiv funktsionalnoho pryznachennia*. Odesa, «Polihraf», 236.

УДК 637.54'65.05-027.38

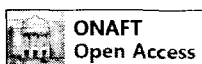
**ПІДВИЩЕННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РУБАНИХ
НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ М'ЯСА ІНДИКА
IMPROVING CONSUMER PROPERTIES CHOPPED
PRODUCTS FROM MEAT TURKEY**

**Азарова Н. Г., канд. техн. наук, доцент, Стамікосто С. С., магістрант,
Агунова Л. В., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Azarova N. G., Stamikosto S. S., Agunova L. V.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



У роботі наведено доцільність використання м'яса індики у виробництві напівфабрикатів з метою удосконалення структури харчування людей різних вікових груп. Проведені дослідження сенсорних характеристик модельних фаршів дозволили встановити доцільність часткової заміни хліба у рецептурі (до 3 %) на вівсяні висівки. Така заміна не призводить до суттєвої зміни органолептичних властивостей продукту, однак дозволяє отримати напівфабрикати із м'яса індики збагачені харчовими волокнами рослинного походження.

При розробці рецептури напівфабрикату із м'яса індики з вівсяними висівками робота ґрунтувалась на дослідженні зміни фізико-хімічних і функціонально-технологічних показників модельних фаршів, що дозволило отримати готову продукцію, яка майже не відрізняється за показниками якості від виробів традиційного асортиментного ряду. Встановлено, що заміна в рецептурі трьох відсотків хліба на вівсяні висівки призводить до зменшення вмісту масової частки вологи на 4,5 % і зростанню показників вологоутримуючої здатності (на 3,2 %) та граничної напруги зсуву (на 1,2 кПа). Такі зміни обумовили необхідність додаткового внесення води у рецептуру нового напівфабрикату.

Проведені дослідження показників якості котлет «Індичих корисних» довели, що вони не поступаються за якістю котлетам традиційного асортименту із м'яса птиці, які виготовляють за ДСТУ 4437:2005.

Розрахунковим шляхом встановлено збільшення частки харчових волокон у 18,4 рази та збільшення вмісту білків рослинного походження у 1,3 рази, у порівнянні з котлетами традиційного асортименту.

In this paper the feasibility of using turkey meat in the production of semiproducs purpose skonalennya dietary pattern of people of different age groups. The research model ground meat sensory characteristics revealed expediency partial replacement of bread recipes (3%) in oat bran. This change does not result in significantly different organoleptic properties of the product, but provides a ready meal with turkey meat enriched with dietary fiber of plant origin.

In developing formulations of products from turkey meat with oat bran research work was based on changes in the physico—chemical and functional and technological parameters of model meat, which allowed us to obtain the finished product, which is not very different in terms of quality of products from traditional product range. It is established that

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

replacing three percent in the recipe for oat bran bread leads to reduction of moisture content of 4.5 % and growth rate of moisture-containing capacity (3.2 %) and boundary shear stress (1.2 kPa). These changes necessitated the introduction of additional water in the formulation of a new semiproducts.

The research quality indicators chops «Turkey useful» proved that they are not inferior in quality burgers traditional range poultry, which are made by DSTU 4437:2005.

The settlement established by increasing the proportion of dietary fiber in a 18.4 fold increase in protein content and vegetable by 1.3 times in comparison with traditional meatballs range.

Ключові слова: м'ясо індика, напівфабрикати, вівсяні висівки, рецептура.

Key words: turkey meat, prepared foods, oat bran, recipe.

Дедалі більший інтерес в царині виробництва продуктів для здорового харчування набуває м'ясо індика (МІ). Воно характеризується дієтичними властивостями, але має вищу вартість, у порівнянні із курячим м'ясом. М'ясо індика (МІ) дуже корисне, оскільки воно містить багато повноцінних білкових речовин (21,6 % у тушок другої категорії), має помірну кількість ліпідів (12,0 %) і характеризується незначним вмістом холестерину (0,13 %) [1, 2].

Користь полягає в тому, що МІ містить значну кількість вітамінів *A* і *E*, а також вітаміни *B2*, *B12*, *PP*, *B6*. Це м'ясо також багате макро— і мікроелементами: кальцієм, калієм, залізом, магнієм, селеном тощо. Дієтичні властивості МІ пояснюються тим, що м'ясо має слаборозвинену сполучну тканину і невеликий вміст жиру в м'язовій тканині. Біологічна цінність жирів у м'ясі індика обумовлена значним вмістом поліненасичених жирних кислот та жиророзчинних вітамінів [3]. М'ясо легко засвоюється в організмі людини, і тому може бути використано для здорового харчування різних вікових груп населення. В зв'язку з цим м'ясо індика було використане як основна сировина в рецептурах посічених напівфабрикатів (котлет).

В області вдосконалення структури харчування отримали розвиток тенденції, направлені на підвищення споживних властивостей харчових продуктів. Одним з напрямів є енергетична збалансованість раціону харчування і використання в ньому продуктів, що достатньо легко перетравлюються. Важливу роль в цьому грають білки, оскільки вони є головною складовою частиною клітин усіх органів і тканин організму. При цьому рекомендоване співвідношення білків тваринного і рослинного походження повинне становити як 55 : 45 % відповідно [4, 5]. Наступним важливим фактором є наявність у продуктах харчових волокон. Харчові волокна в наш час визнані необхідним компонентом харчування. Вони здатні виводити з організму важкі метали, токсичні речовини, холестерин, покращувати роботу кишечника. Рекомендований вміст харчових волокон у щоденному раціоні дорослої людини має складати 20...25 г. [4]. До того ж, харчовий продукт має забезпечувати організм речовинами, які необхідні для розвитку і біологічного зростання, а також компенсувати витрати на розумову і фізичну роботу [5].

Для підвищення споживних властивостей посічених напівфабрикатів із м'яса індика, була вивчена можливість використання в їх рецептурі вівсяних висівок, як джерела харчових волокон і білку рослинного походження. Вівсяні висівки характеризуються вмістом 15,4 % харчових волокон, 17,3 % білків, 7,5 % води, а також містять вуглеводи, вітаміни, макро— і мікроелементи [6].

Враховуючи корисність м'яса індика і вівсяних висівок, мета роботи полягала у дослідженні можливості застосування цих видів сировини в рецептурах посічених напівфабрикатів для здорового харчування.

Дослідження проводили у наступній послідовності: встановлювали вплив вівсяних висівок на функціонально—технологічні властивості модельних систем фаршів із м'яса індика; визначали їх вплив на органолептичні показники зразків і встановлювали найбільш раціональні кількості; розробляли рецептуру рубаних напівфабрикатів з використанням м'яса індика і введенням вівсяних висівок; готували дослідні і контрольні зразки напівфабрикатів за розробленою рецептурою; визначали якість готової продукції; встановлювали ступінь збагачення посічених напівфабрикатів із м'яса індика харчовими волокнами і білками рослинного походження розрахунковим шляхом.

Для визначення фізико—хімічних і органолептичних показників об'єктів дослідження застосовували загальноприйняті методики [7, 8]: масову частку вологи визначали методом висушування до постійної маси; масову частку солі — титриметричним методом; рН — потенціометричним методом; вологоутримуючу здатність (ВУЗ) — методом пресування за методикою Грау і Хамма; граничне напруження зсуву (ГНЗ) — методом пенетрування; втрати при термообробці — розрахунковим шляхом, проводячи зважування зразків до та після термічної обробки.

Для встановлення впливу вівсяних висівок на функціонально—технологічні властивості фаршу із м'яса індика були виготовлені контрольні і дослідні модельні зразки. Для цього м'ясо індика подрібнювали на вовчку із діаметром отворів вихідної решітки 2...3 мм. У дослідних зразках проводили заміну м'ясної сировини на вівсяні висівки від 0 до 5 % з кроком 0,5 %. Дослідження проводили у трьох повторностях, використовуючи методики [7, 8]. Середні значення результатів досліджень представлені в табл. 1.

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

Таблиця 1 — Результати дослідження модельних фаршевих систем на основі м'яса індики із вівсяними висівками

Показник	Масова частка вівсяних висівок, %										
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Масова частка вологи, %	69,1	68,5	67,5	66,7	65,8	65,1	64,6	64,2	63,8	63,4	63,0
ВУЗ, %	57,9	58,3	58,9	59,5	60,3	61,1	61,6	62,0	62,6	63,1	63,8
ГНЗ, кПа	1,8	1,9	2,2	2,4	2,7	2,8	3,0	3,2	3,5	3,7	3,9
Втрати при термообробці, %	17,6	17,0	16,4	15,9	15,4	15,0	14,7	14,3	13,8	13,2	12,6

Результати досліджень демонструють, що при внесенні вівсяних висівок до м'ясного фаршу вміст масової частки вологи знижується з 69,1 до 63,0%, але при цьому зростає ВУЗ з 57,9 до 63,8 % і ущільнюється консистенція фаршу. Втрати при термообробці знижуються. Було відмічено, що консистенція фаршу стає дуже щільною, що вимагає додаткового внесення води. Необхідний об'єм води, яку необхідно додати, визначали за показником, що характеризує консистенцію фаршу — граничне напруження зсуву у контрольному і дослідних зразках. У дослідні зразки додавали воду, фарш ретельно перемішували і визначали значення ГНЗ. Вирівнювання значень ГНЗ контрольного і дослідного зразків дали можливість встановити об'єм води, яку необхідно додатково вносити до м'ясного фаршу.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що внесення у фарш вівсяних висівок позитивно впливає на функціонально—технологічні властивості м'ясних систем. Встановлення максимально допустимої кількості висівок для внесення у фарш, визначали за органолептичними показниками готових виробів. Для цього готували контрольні і дослідні зразки за рецептурою посічених напівфабрикатів із м'яса птиці. У дослідних зразках частину хліба замінювали на вівсяні висівки від 1 % до 5 % з кроком 1 %.

Котлетний фарш для контрольних зразків готували шляхом змішування компонентів фаршу за традиційною рецептурою. Для дослідних зразків фарш готували за рецептурою у наступній послідовності: спочатку у фаршмішалку вносили м'ясний фарш із м'яса індики, потім заздалегідь гідратовані вівсяні пластівці і перемішували 2 хв. Далі вносили решту компонентів за рецептурою і перемішували ще 2 хв до повного рівномірного розподілу складників в усій масі фаршу. Термообробку контрольних і дослідних зразків проводили при однакових температурних параметрах.

Органолептичну оцінку отриманих зразків проводили за дев'ятибальною системою: 9 — оптимальна якість, 8 — дуже хороша якість, 7 — хороша якість, 6 — прийнятна якість, 5 — середня якість, 4 — небажана якість, 3 — негативна якість. Оцінка якості контрольних і дослідних зразків у балах представлена в табл. 2.

Таблиця 2 — Органолептичні показники посічених напівфабрикатів з вівсяними висівками

Вміст вівсяних висівок, %	Оцінка, балів						
	зовнішній вигляд	колір	запах	смак	консистенція	соковитість	загальна оцінка
0 (контроль)	8	8	8	7	8	8	7,8
1	8	7	7	7	8	8	7,5
2	7	7	7	7	8	7	7,2
3	7	7	7	6	8	7	7,0
4	7	7	7	6	6	6	6,5
5	7	6	6	5	6	6	6,0

За отриманими результатами сенсорної оцінки було встановлено, що раціонально замінювати у рецептурі посічених напівфабрикатів до 3 % хліба на вівсяні висівки. Це дозволило розробити рецептуру котлет «Індічі корисні» (табл. 3).

Якість отриманих посічених напівфабрикатів (котлет із м'яса індики) визначали за органолептичними і фізико—хімічними показниками. Порівняння проводили із вимогами нормативно—технічної документації (табл. 4) [9]. Наведені результати демонструють, що розроблені котлети повністю відповідають вимогам ДСТУ 4437:2005.

Розрахунковим шляхом встановлено, що масова частка харчових волокон зростає у 18,4 рази, а білків рослинного походження — в 1,3 рази.

Таким чином, за результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що з метою підвищення споживних властивостей посічених напівфабрикатів із м'яса індики, можлива заміна до 3 % хліба у рецептурі

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

Таблиця 3 — Рецепт котлет «Індичі корисні»

Вид сировини	Маса сировини, (на 1 котлету масою 100 г)
М'ясо індика, г	60,0
Хліб із пшеничного борошна, г	10,0
Вівсяні висівки, г	3,0
Цибуля, г	2,0
Меланж, г	1,7
Сіль, г	1,2
Перець чорний, г	0,1
Сухарі панірувальні, г	2
Вода питна, г	20

напівфабрикатів на вівсяні висівки, які містять харчових волокон і білків рослинного походження значно більше, чим хліб.

При цьому слід враховувати, що для встановлення раціональної кількості заміни хліба або інших компонентів в рецептурі на вівсяні висівки необхідно проводити дослідження конкретно для кожного виду посічених напівфабрикатів, у зв'язку із різним складом їх рецептури.

Наступним етапом роботи має стати дослідження термінів зберігання розроблених котлет, розробка апаратурно-технологічної схеми і нормативно—технічної документації з метою впровадження нового продукту у масове промислове виробництво.

Таблиця 4 — Показники якості котлет «Індичі корисні»

Найменування показника	Характеристика зразків	
	контрольний (за ДСТУ 4437:2005)	дослідний
Зовнішній вигляд	Форма котлет овальна, поверхня рівномірно панірована, без ламаних країв	
Вигляд на розрізі	Компоненти фаршу добре перемішані	
Колір		
— у сирих напівфабрикатів	Рожевий	Світло—рожевий
— у смажених котлет	світло—коричневий	сірувато—коричневий
Смак і запах		
— у сирих напівфабрикатів	Властивий доброякісній сировині	
— у смажених котлет	приємний смак і аромат	
Консистенція	У смажених котлет — соковита, некрихка	
Масова частка, %, не більше		
— вологи	66,0	65,2
— хліба (із урахуванням панірувальних сухарів)	18,0	11,0
— кухонної солі у сирих напівфабрикатах	1,2...1,5	1,2

Література

1. Характеристика мяса индейки [Текст] // Все о мясе. – 2006. – № 4. – С. 49.
2. Химический состав российских продуктов питания [Текст]: справочник / Ин-т питания РАМН; Под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 235 с.
3. Добровская, В.И. Продукты из мяса индейки [Текст] / В. И. Добровская, В. А. Гоноцкий // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 3. – С. 30–32.
4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432—08: — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.—36 с.
5. Цветкова, А. М. Использование мяса индейки в производстве вареных мясных изделий [Текст] / А. М. Цветкова, В. Н. Письменная // Мясная индустрия. – 2010. – № 2. – С. 23–25.
6. Могильный, М. П. Пищевые и биологически активные вещества в питании [Текст] / М. П. Могильный. – М.: ДеЛи Принт, 2007. – 240 с.
7. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст]: учеб. для вузов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов; ред. Н. В. Куркина. – М.: Колос, 2004. – 570 с.
8. Гарбуз, В. Г. Лабораторний практикум з технології м'яса [Текст] / В. Г. Гарбуз, Л. В. Агунова, Г. В. Шлапак. – Одеса: «Атлант»ВОІ СОІУ, 2010. 286 с.
9. Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені. Технічні умови. [Текст]: ДСТУ 4437:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. — Київ: Держспоживстандарт України, 2006. — 24 с. — (Національні стандарти України).

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

References

1. Harakteristika mjasa indejki. (2006). Vse o mjase, 4, 49.
2. Skurihin, I. M., Tutel'jan, V. A. (2002). Himicheskij sostav rossijskih produktov pitaniya: spravochnik. Moscow: DeLi print, 235.
3. Dobrovskaja, V. I., Gonockij, V. A. (2013). Produkty iz mjasa indejki. Ptica i pticeprodukty, 3, 30–32.
4. Normy fiziologicheskikh potrebnošej v jenerгии i pishhevyh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii. Metodicheskie rekomendacii MR 2.3.1.2432—08. (2009). Moscow: Federal'nyj centr gigeny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 36.
5. Cvetkova, A. M., Pis'mennaja, V. N. (2010). Ispol'zovanie mjasa indejki v proizvodstve varenyh mjasnyh izdelij. Mjasnaja industrija, 2, 23–25.
6. Mogil'nyj, M. P. (2007). Pishhevyje i biologicheski aktivne veshhestva v pitanii. Moscow: DeLi Print, 240.
7. Antipova, L. V. Glotova, I. A., Rogov, I. A.; red. Kurkina, N. V. (2004). Metody issledovanija mjasa i mjasnyh produktov: ucheb. dlja vuzov. Moscow: Kolos, 570.
8. Harbuz, V. H., Agunova, L. V., Shlapak, H. V. (2010). Laboratornyj praktikum z tekhnolohiyi m"yasa. Odesa: «Atlant»VOI SOIU, 286.
9. Napivfabrikati m'jasni ta m'jasoroslynni posicheni. Tekhnichni umovy. (2006).: DSTU 4437:2005. Kiev: Derzhspozhyvstandart Ukraini, 24.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

УДК 683.974:621.8.03–027.236:681.5

**ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАЦИОННОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ
ENERGY EFFICIENCY EVALUATION OF THE GAS CONDENSING WATER BOILER AS A CONTROL OBJECT**

**Ковальчук Д. А., аспирант, Мазур А. В., канд. техн. наук, доцент, Гудзь С. С., магистрант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
Kovalchuk D. A., Mazur A. V., Gudz S. S.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



В статье проводится анализ энергетической эффективности работы конденсационного газового водогрейного котла в течение отопительного сезона. Выделены характерные возмущающие воздействия, определены диапазоны их изменения. Также оценено их влияние на энергетическую эффективность работы газовых конденсационных водогрейных котлов в различных типах систем отопления. Рассмотрена структура математической модели, позволяющей оценить основные параметры работы системы отопления в различных условиях эксплуатации, возникающих в течение отопительного сезона. Приведены результаты математического моделирования режимов работы и параметров системы отопления с газовым конденсационным водогрейным котлом для погодных условий двух регионов Украины отопительных сезонов 2012...2015 годов. Для подтверждения адекватности модели проведено сравнение полученных результатов с данными наблюдения за работой газового конденсационного водогрейного котла в составе системы отопления многоквартирного жилого дома. Сделаны выводы об уровне коэффициента полезного действия конденсационных газовых котлов, при работе в реальных условиях и даны рекомендации по его повышению.

The energy efficiency analysis of the gas condensing water boiler was performed during the heating season in current study. The typical disturbance variables were allocated, and the ranges of their changed were defined. In addition, their impact on the energy efficiency of the gas condensing boilers in different types of heating systems was evaluated. The structure of a mathematical model allowing to estimate the basic parameters of the heating system in a variety of operating conditions that occur during the heating season was reviewed. The results based on mathematical simulation of operating modes and parameters of the heating system with gas condensing water boiler for the weather conditions relating to two Ukrainian regions were shown for heating season of 2012...2015 years. To confirm the adequacy of the model, simulation results were compared with the data of work monitoring of the gas condensing water boiler as a part of heating system of an dwelling—house. The conclusions about the level of condensing gas boiler performance during working in real conditions were provided and the recommendations towards its improvement were proposed.

Ключевые слова: конденсационный газовый котел, эффективность

Key words: condensing gas boiler efficiency

Введение. В последнее время при проектировании жилых и промышленных зданий наблюдается тенденция к использованию автономных теплогенерирующих агрегатов для систем отопления и горячего водоснабжения. Основная часть таких агрегатов строится на базе газовых водогрейных котлов (ГВК). Максимальный коэффициент полезного действия (КПД) обычных ГВК, рассчитанный от высшей (полной) теплоты сгорания топлива, колеблется в диапазоне 78...85 % [1, 2]. Основные виды удельных потерь тепла автономных ГВК, рассчитанные от высшей (полной) теплоты сгорания топлива, составляют:

- тепловые потери с уходящими дымовыми газами — до 18 %;
- потери, связанные с неполным сгоранием топлива — 1...2 %;
- потери в окружающую среду, связанные с несовершенством теплоизоляции ГВК — 2...3 %.

Для повышения эффективности отопительных систем разработаны и выпускаются промышленностью конденсационные газовые водогрейные котлы (КГВК), которые оснащаются специальным конденсационным эко-

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

номайзером, отбирающим дополнительное тепло от дымовых газов, охлаждая их и частично конденсируя часть из 1,6 кг водяного пара, образующегося при сжигании 1 м³ природного газа. Стоимость КГВК обычно в 1,5...2 раза выше, чем ГВК той же мощности. Заявляемый производителями максимальный КПД достигает 97 %. При этом, обычно в рекламных целях, приводятся значения «так называемого КПД», рассчитанного от «низшей» теплоты сгорания без учета потерь на парообразование и нагрев продуктов сгорания. Он может «достигать» значения 108 %. Однако эти максимальные значения могут быть достигнуты не во всех режимах.

Постановка проблемы. Так как в КГВК охлаждение дымовых газов осуществляется обратным теплоносителем, то количество снимаемого тепла, а, следовательно, эффективность всей установки будет зависеть от температуры обратного теплоносителя. Чем ниже температура теплоносителя, поступающего из обратного трубопровода, — тем выше, при прочих равных условиях, КПД КГВК. Температура обратного теплоносителя непостоянна. Она может изменяться в диапазоне от 22 °С до 60 °С в зависимости от типа системы отопления, заданного режима работы и температуры окружающей среды. Управление системой отопления, зачастую погодозависимое, — т. е. температура теплоносителя, подаваемого в систему отопления («подачи»), варьируется в зависимости от температуры окружающей среды. Следовательно, будет изменяться и температура теплоносителя, поступающего из обратного трубопровода («обратки»), а вместе с ней и эффективность работы КГВК и всей системы в целом.

Эффективность работы конденсационного котла при тех же погодных условиях будет зависеть от конструкции системы отопления и ее температурного режима. Наиболее эффективно такой котел будет работать с системой отопления в полу, с температурным режимом 25...40 °С на подаче и 20...30 °С на «обратке». В нашей стране такие системы еще мало распространены и не применяются в многоквартирных домах. В многоквартирных домах прошлого века постройки наиболее распространены традиционные радиаторные системы отопления с вертикальной разводкой и тепловым режимом 60...90 °С на подаче и 40...70 °С на «обратке». Однако, в новостройках, оснащенных «закрытыми» либо автономными системами теплоснабжения, применяется поквартирная двухтрубная разводка системы отопления с температурным режимом радиаторов 40...70 °С на «подаче» и 35...55 °С на «обратке».

Указываемый производителями КГВК максимальный КПД может быть достигнут при температуре обратного теплоносителя (порядка 25...30 °С). В реальных условиях такая температура достигается редко или вообще не достигается, и котел будет работать с КПД существенно ниже значения, указанного производителем.

Модель для оценки эффективности. Для оценки эффективности работы теплогенерирующей установки с конденсационным котлом в течение отопительного сезона в разные годы была разработана математическая модель.

Математическая модель была реализована в среде моделирования *Matlab Simulink*. Основной входной переменной для модели является температура окружающей среды. Выходными переменными являются: температура воды в обратном трубопроводе, потребляемая тепловая мощность, КПД теплогенерирующей установки, потребление топлива. Все переменные динамически изменяются на протяжении отопительного сезона. Модель также рассчитывает средний КПД установки в течение отопительного сезона. Блок—схема модели приведена на рис. 1.

Основными элементами модели являются:

— модель вычислителя требуемой температуры «подачи» — в зависимости от температуры окружающей среды, вычисляет необходимую температуру теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления.

— модель потребителя тепловой энергии — вычисляет потребляемую тепловую мощность и температуру обратного трубопровода, в зависимости от перепада температур снаружи и внутри помещения, температуры подачи и расхода теплоносителя. КПД КГВК рассчитывается по температуре обратного теплоносителя. Для этого была разработана отдельная модель, которая находится в подсистеме «*Performance*». Рассчитывается текущий и средний КПД КГВК за весь период моделирования.

С электронного ресурса [5] был получен архив данных о погоде в двух городах Украины в Одессе и Киеве, за период 2008...2016 годов. Для данного эксперимента из этого архива были выделены данные только по температуре в период отопительных сезонов (с 1 октября по 31 апреля) с шагом изменения данных 3 часа. Эти данные были импортированы в модель в виде массива и использовались в качестве информации о температуре окружающей среды, изменяющейся во времени.

Результаты экспериментов. Эксперимент проводился для погодных данных по двум городам Украины — Одессе и Киеву, за отопительные сезоны 2014...2015, 2013...2014, 2012...2013 годов. Значения средних КПД приведены в табл. 1. В целом средняя эффективность системы мало варьируется для разных лет и регионов, поэтому динамика изменения данных приведена по Одессе за отопительный сезон 2014...2015 годов (рис. 2—4).

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

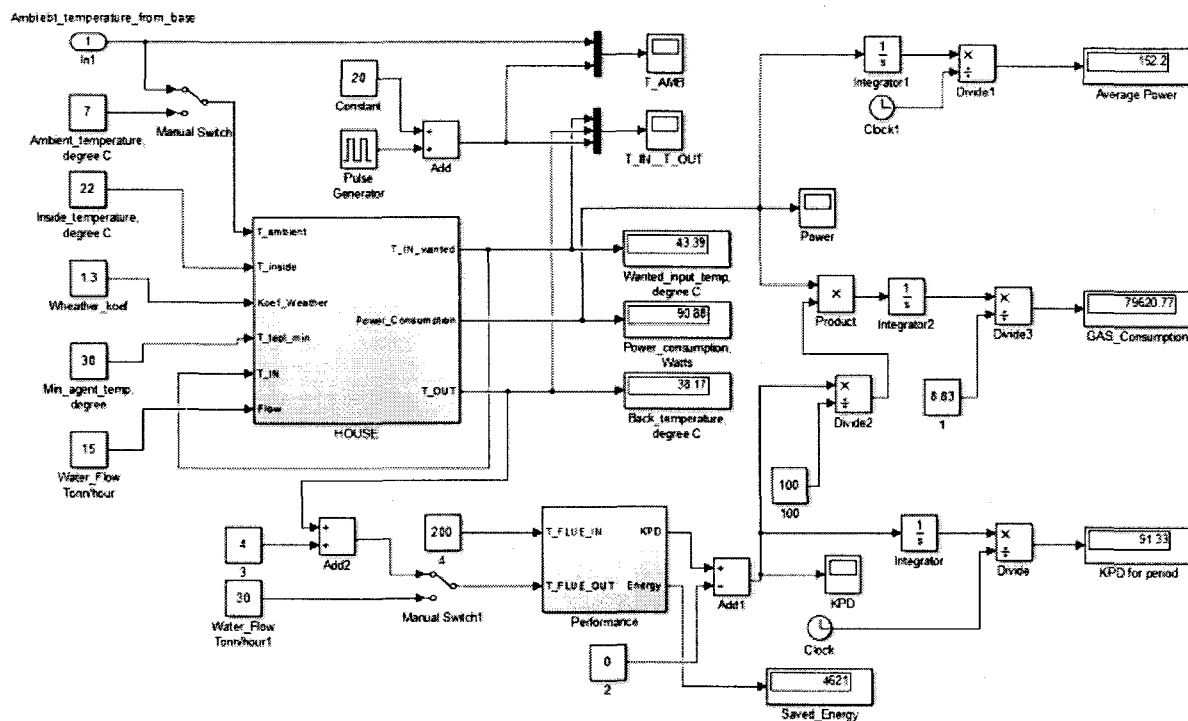


Рис. 1 — Блок—схема модели для оценки эффективности КГТА

Результаты моделирования были подтверждены экспериментально. По итогам наблюдений за отопительный сезон 2014...2015 годов автономная газовая котельная жилого дома в г. Одесса, оснащенная высокоэффективными КГБК С 230 Есо французской фирмы «De Dietrich» «сконденсировала» в среднем всего 326 г воды на 1 м³ сожженного газа из возможных 1500 г.

Таблица 1 — КПД КГТА в разных регионах в разные годы

Отопительный сезон, годы	Города	
	Одесса	Киев
2012...2013	91,5	90,4
2013...2014	91,6	90,8
2014...2015	91,3	90,7



Рис. 2 — Изменение температуры окружающей среды в течение отопительного сезона

Выводы. Из результатов экспериментов следует, что конденсационный котел хоть и эффективнее обычного, но он также не использует всю теплоту сгорания топлива, т. к. температура обратного теплоносителя варьируется в течение отопительного сезона и имеет недостаточно низкую температуру для глубокой утилизации тепла дымовых газов. Эффективность теплогенерирующей установки с конденсационным котлом может быть повышена путем подачи в секцию конденсации теплоносителя с более низкой температурой. На рис. 4 прямыми линиями показано, каким был бы КПД системы при температуре теплоносителя на входе котла на уровне 25 °C и 30 °C. Таким образом, можно сделать вывод, что даже наиболее эффективный КГБК при работе в реальных условиях не добирает 7...8 % до максимальных значений, заявляемых производителями.

Для повышения эффективности работы КГБК имеет смысл принять меры для снижения температуры теплоносителя, используе-

мого для охлаждения дымовых газов.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ



Рис. 3 — Изменение температур «подачи» и «обратки» в течение отопительного сезона

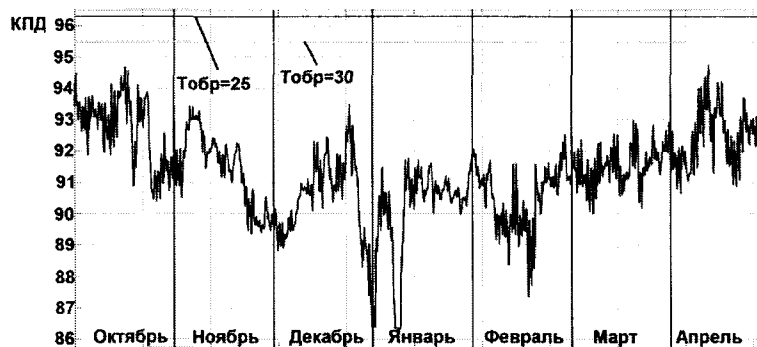


Рис. 4 — Изменение КПД КГВК в течение отопительного сезона

Литература

1. Панарин, В. М. Контроль энерго— и теплотер на объектах, вырабатывающих тепловую энергию [Текст] / В. М. Панарин, О. А. Дабдина // Молодые учёные в решении актуальных проблем науки: Всероссийская научно—практическая конференция, 12–13 мая 2011 г.: материалы конференции / Сибирский государственный технологический университет. – Красноярск, 2011. – № 2. – С. 174–176.
2. Райш, М. Полное использование теплоты сгорания топлива в промышленных котельных [Текст] / М. Райш // Аква—терм. —2008.— № 3 (43). — С. 20–24.
3. Петрикеева, Н. А. Использование полной теплоты сгорания топлива в котельных установках [Текст] / Н. А. Петрикеева // Инженерные системы и сооружения. – 2014. – № 4, Т. 2. – С. 76–80.
4. Расписание погоды [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Электр. дан. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.rp5.ua/> – Назва з екрана.

References

1. Panarin, V. M., Dabdina, O. A. (2011). Kontrol energo— i teplopoter na ob'ekтах, vyirabatyivayuschih teplovuyu energiyu / Molodye uchjonye v reshenii aktual'nyh problem nauki: Vserossiyskaja nauchno—prakticheskaja konferencija, Sibirskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet. Krasnojarsk, 2, 174–176.
2. Rajsh, M. (2008). Polnoe ispol'zovanie teploty sgoranija topliva v promyshlennyh kotel'nyh. Akva—term, 3 (43), 20–24.
3. Petrikeeve, N. A. (2014). Ispol'zovanie polnoj teploty sgoranija topliva v kotel'nyh ustanovkah. Inzhenernye sistemy i sooruzhenija, № 4 (2), 76–80.
4. Raspisanie pogodyi. Available at: <http://www.rp5.ua/>.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

УДК 621.586.83

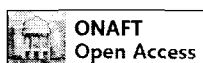
**ІСТОРИЧНА МІСІЯ САДІ КАРНО
HISTORIC MISSION SADI CARNOT**

Ярошенко В. М., канд. техн. наук, доцент, Мілованова В. В., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
Yaroshenko V. M., Milovanova V. V.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Саді Карно увійшов в історію і науковий світ як філософ природознавства і видатний вчений, незважаючи на те, що його життя було присвячене не теоретичним узагальненням і висновкам, а практичному використанню енергії водяної пари і пропаганді теплових машин.

Розглядаються та аналізуються історичні передумови і причини, які були покладені в основу роботи Карно, його погляди на процеси перетворення енергії в теплових машинах, їх максимальну енергетичну ефективність і практичні можливості для використання в якості робочого тіла не тільки водяної пари а й повітря.

Аналізуються погляди Карно на проблему енергетичних перетворень та ствердження, що не базувалися на механічній теорії теплоти і тому в значній мірі не відповідають поглядам, які домінують в даний час в класичній термодинаміці. У «реверсивному» циклі, який запропонував і аналізував Карно, не визначалась його термічна ефективність, так як він не розумів принципу еквівалентності тепла і роботи, як різних форм передачі енергії.

Підкреслюється важливість знання усієї історичної практики, яка супроводжувала еволюцію поглядів Карно та появу і подальше затвердження його знаменитого твору, а також ті помилки і розбіжності з сучасними поглядами, які Карно допускав в той час.

Sadi Carnot entered the history and the scientific world as a philosopher of natural science and an outstanding scientist, despite the fact that his life was not dedicated to theoretical generalizations and conclusions, and the practical use of steam power energy and the promotion of heat engines.

This article discusses and analyzes the historical background and reasons which were the basis of Carnot's work, his views on the processes of transformation of energy in the heat engines, its maximum energy efficiency and practical possibilities for use as a working fluid not only to water steam but also to air.

Carnot analyzed the problem of energy transformations and statements, which were not based on the mechanical theory of heat, and therefore largely did not reflect the views that dominate at present in classical thermodynamics. In the «reverse» cycle, which was proposed and analyzed by Carnot, the thermal efficiency was not determined because he did not understand the principle of the equivalence of heat and work, as the various forms of energy transfer.

The importance of knowledge of all historical practices that accompanied the evolution of Carnot's views, the appearance and the subsequent approval of his famous works, and those mistakes and discrepancies with modern views that Carnot made at that time, are emphasized.

Ключові слова: Карно, тепловий двигун, енергетичні перетворення, реверсивний цикл

Key words: Carnot heat engine, power conversion, reverse cycle

Вступ. Розвиток промисловості в деяких країнах буржуазно—демократичного напрямку наприкінці XVII століття вимагав більш значного підвищення продуктивності праці в промисловості, що насамперед обумовлювало розробку та використання машин, де в якості робочого тіла використовувалась водяна пара. Але розробки та проектування таких машин, які потім стали називатись тепловими двигунами, проводились хаотично, без застосування загальних застав та принципів, так як в той час не існувало теоретичної науки яка б пояснювала процеси енергетичних перетворень.

Інженерні пошуки велись переважно в практичному напрямку, що безумовно гальмувало втілення в промисловості високоефективних машин, які використовували рухому силу водяної пари. Французький військовий

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЙ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

інженер Саді Карно не був виключенням в цій концепції розвитку інженерної творчості і працював в напрямку практичного удосконалення існуючих теплових машин та пропаганди їх практичного використання в своїй країні. Але його творчі пошуки, аналіз розвитку та практичного застосування парових машин призвели до створення концептуальної теорії теплових машин, яка значно пізніше вже після його смерті, була узагальнена у вигляді основних теоретичних застав проектування теплових двигунів та методів підвищення їх енергетичної ефективності. Основні висновки Саді Карно, відокремлені від конструкцій машин та робочих тіл, були покладені в основу узагальнень, що склали основу класичної термодинаміки.

Саді Карно увійшов в історію як філософ природознавства (у ті часи так називали фізиків), який у своєму видатному творі «Роздуми про рухому силу вогню та про машини, які здатні виробляти таку силу», опублікованому у 1824 р, заклав основи технічної термодинаміки як проблему перетворення теплової енергії в механічну у загальному вигляді. Його ім'я ввійшло в науковий світ як ім'я видатного вченого, незважаючи на те, що його життя було присвячено не теоретичним узагальненням та висновкам, а практичному використанню енергії водяної пари та пропаганді теплових машин.

Незважаючи на історичну важливість праці Карно, багато його стверджень та висновків довгий час були невідомі та не зрозумілі для його сучасників, а також в значній мірі не відповідали поглядам, які в наші дні домінують в класичній термодинаміці, так як не відповідали механічній теорії теплоти. Його історичний твір набув публічного признання тільки після його смерті завдяки укріпленню позицій механічної теорії теплоти та активній роз'яснювальній діяльності таких вчених як Б. Клапейрон, Р. Клаузіус та Вільям Кельвін.

Тому важливо знати та розуміти всю історичну практику, яка супроводжувала еволюцію поглядів Карно та появу і подальше затвердження знаменитого його твору, а також ті помилки та розбіжності з сучасними поглядами, які Карно допускав в той час.

Історична передумова твору Карно. Саді Карно народився практично в самому кінці історичного європейського періоду, який називався Віком Розуму, майже в той час коли була заснована Політехнічна школа для навчання армійських інженерів. За 35 років існування школа випустила цілу шеренгу видатних математиків та фізиків. Серед них були Йозеф Луїс Лагранж, Жан Баптист Йозеф Фур'є, Клод Ліс Бертоле, Андре Марі Ампер, Августин Ліс Дюлонг, Августин Ліс Коши, Гаспар Густав де Кареоліс, Сімеон Деніс Пуасон, Йозеф Луї Гей Люсак, Бенуа Пауль Еміль Клапейрон та інші. Згодом в цій школі навчався Карно.

Праці цих видатних вчених внесли великий вклад в поняття того, що усі аспекти та сторони фізичного світу можливо пояснити та досягти силою розуму, якщо прикласти відповідні зусилля для застосування наукового теоретичного аналізу та відповідного експериментального досвіду.

Науковий метод домінував в механіці, електриці, оптиці та опорі матеріалів. Це дало поштовх інженерії, яка в свою чергу обумовила емпіричний підхід до технології різних процесів. Промислова революція заволоділа Британією значно раніше чим вона прийшла до окремої Франції та до Європи з Америкою взагалі.

Індустріальна відсталість Франції в ті часи частково залежала від політичної нестабільності, яка виникла як наслідок нестійкої влади монархії та аристократії, піднесення та падіння Наполеона та розпад Французької імперії після поразки Наполеона під Ватерлоо. Але в значній мірі відсталість залежала від технологічних факторів. В цих умовах праця Карно дійсно мала практичну спрямованість та була направлена на стимулювання промислового розвитку індустрії Франції і насамперед парових та теплових двигунів, як основи технологічного та промислового підйому.

Не зовсім зрозуміло що спонукало Саді Карно зацікавити паровим двигуном. Роберт Фокс із університету у Ланкастері, ведучий історик праць Карно, пояснює це тим, що Карно знайшов своє натхнення не в фізиці того часу, а у інженерних традиціях на захист яких він став. Карно мав довгі дискусії з хіміками та промисловцями на тему теоретичних застав при використанні енергії пари та загальної промислової технології, яку Джеймс Уатт запатентував в Англії. До того ж проблема використання пари в промисловості довго обговорювалось у Франції з приводу запатентованого парового двигуна Вульфа. З погляду на ці події, спроба Карно в «Роздумах про...» здобути максимальну кількість енергії від парового двигуна була дійсно необхідною та актуальною.

Основна ідея роботи Карно полягала в тому, щоб широкі кола суспільства змогли познайомитись з можливостями парового двигуна в піднятті життєвого рівня населення Франції. Праця розпочиналась з детального пояснення практичної ролі яку має паровий двигун в суспільному житті на прикладі Англії.

Карно писав: «Вивчення таких двигунів має великий інтерес, їх значення дуже велике, їх використання постійно зростає і вони напевно покликані здійснити велику революцію у цивілізації. Паровий двигун вже працює на наших шахтах, пароплавах, поглиблює порти, та ріки, вковує залізо, рубас ліс, перемелює зерно, пряде наш одяг, транспортує вантажі і т. д. Напевно прийде день коли він стане універсальним двигуном та замінить тваринну силу, водоспади, та потоки повітря. Він має перевагу при постійному використанні в будь який час та в будь якому місці».

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЙ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Далі Саді Карно продовжував: «Відкриття парового двигуна зобов'язано своїм народженням, як і більшість винаходів, примітивними спробами приписати його різним людям, в той час як дійсний автор невідомий. Принципове відкриття мало місце не при перших спробах, а при постійному удосконаленню коли паровий двигун став таким як ми його бачимо зараз. Відстань між першим екземпляром, в якому була продемонстрована сила розширення пару із сьогодишньою машиною, така велика як різниця між першим плотом та сучасним пароплавом».

В сучасній науковій літературі історична послідовність трактується наступним чином. Перші теплові двигуни, які призначалися для підйому води із шахт, були винайдені англійськими інженерами Томасом Севері у 1698 році та Томасом Ньюкоменом у 1712 році. Якщо машина Севері була побудована на безпосередній дії пари для підйому води, то машина Ньюкомена була побудована на основі парового поршня, ідея використання якого належала Папену. Широке втілення парових машин в промисловість розпочалося після винаходу Джеймсом Уаттом у 1774 році парової машини, в якій робота здійснювалась без використання тиску атмосфери, що значно зменшило потреби у паливі. Джейм Уатт доповнив свої машини пристроями, з допомогою яких поступовий рух поршня трансформувався в обертотий рух валу. Слід відзначити те, що усі розробки мали практичну направленість та не базувалися на будь якій теорії теплових машин, так як в той час такої теорії не існувало.

Праця Карно в той час практично не була широко відома та усвідомлена більшістю вчених та інженерів, незважаючи на те що вона була опублікована головним видавництвом Франції (видавництво Бачієра) з позитивними рецензіями. Але на англійську мову робота Карно була перекладена тільки у 1890 р. Видатне місце в історичному процесі робота Карно здобула завдяки коментарям та роз'ясненням Бенуа Пауля Еміля Клапейрона, який в 1834 році зробив спробу узагальнити ідеї Карно в аналітичному та графічному виді. Робота Клапейрона була передрукована деякими видавництвами, що дало змогу поширити в науковому світі основні тези Карно, опираючись на існуючу в той час, матеріальну теорію теплоти.

Тільки розпочинаючи з 1850 року, Рудольф Юліус Емануель Клаузіус та Вільям Томсон (пізніше він став відомий як лорд Кельвін) змогли поєднати ідеї Карно та принцип еквівалентності тепла та роботи, заклавши тим самим основи класичної термодинаміки. Ці вчені приділяли значну увагу теоретичним питанням, а саме циклу Карно, як ідеальному для теплових двигунів та ентропії як міри необоротності процесів.

Основні ідеї Карно та їх аналіз. В своєму творі Карно дав загальний аналіз потужностей парових та інших теплових двигунів. Він хотів знайти ту межу рухомої сили тепла, яка не дозволить тепловим двигунам удосконалюватись до безмежності. Він також шукав відповідь на питання, чи буде таке робоче тіло як алкоголь або повітря кращим від пари. Треба відзначити той факт, що Карно шукав відповідь в загальному вигляді по відношенню до будь якого теплового двигуна, а не для окремих конструкцій, як це робили деякі вчені та інженери.

Погляд на працю Карно, як теоретичне узагальнення, не можна вважати справедливим, а в той час був зовсім неправильним, так як основою його праці була, насамперед, пропаганда парових та інших теплових двигунів у Франції, а не їх теоретичний аналіз. В його праці не йшла мова про термічну ефективність циклу, так як згідно з існуючою в той час теорією «теплетцю», кількість теплоти в процесах не змінювалась. Карно порівнював процес передачі тепла від гарячого джерела до холодильника в тепловому двигуні з перебігом води в водяному двигуні. До того ж в той час ще не існувало поняття абсолютної термодинамічної температури. Термічну ефективність (термічний коефіцієнт корисної дії) надалі було запропоновано Томсоном розраховувати через абсолютні температури джерел теплоти. В праці Карно приводиться дуже багато справедливих висновків відносно парових машин, але вони рівнозначно, як і загальні висновки стосовно усіх теплових машин, в той час залишилися зовсім непомітними та не зробили жодного впливу на розвиток парових двигунів того часу.

Карно ставив такі питання в той час, коли ще був невідомий перший закон термодинаміки, який був вперше узагальнений в 1840 році в праці Джеймса Прескота Джоуля. Основою першого закону був принцип зберігання енергії та її взаємне трансформування в еквівалентних співвідношеннях. Така еквівалентність не відповідала теорії «теплетцю», яка була в той час домінуючою при відображенні процесів взаємного перетворювання енергії і на яку опирався Карно у своїй праці. Відповідно до теорії «теплетцю», теплота розглядалась як рідина, яка не має маси та завжди зберігається, перетікаючи від одного тіла до іншого. В той час за допомогою цієї, так званої, матеріальної теорії теплоти пояснювалась переважна більшість теплових явищ. Такий погляд був дуже виразно сформульований французом Фур'є в його знаменитій праці «Аналітична теорія тепла» тезою: «Яким би не був розвиток механічних теорій, вони не можуть бути використані до теплових явищ. Останні складають цілий спеціальний клас явищ, які не можуть бути пояснені законами руху та рівноваги».

Але треба окремо підкреслити, що в той час уже існувала опозиція до цієї теорії, яка опиралась на зв'язок між тепловими та механічними явищами. Цьому сприяв розвиток прикладної механіки, яка, наприклад, дала таке важливе поняття як механічна робота.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЙ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Навіть Карно, після видання своєї головної праці, в своїх тезах пише: «Якщо якась гіпотеза уже не здатна пояснити явища, то її необхідно відкинути. Наразі у такому стані знаходиться гіпотеза про «теплець», як про речовину, яка є матеріальною субстанцією». В записках Карно, які були передані його братом Іполитом до Французької Академії наук після його смерті, він критикував термічну теорію тепла та говорив про принцип еквівалентності і механічну теорію тепла. Він стверджував тезу: «Теплота — просто рухома сила або рух, які змінили форму. Де є порушення рухомої сили, там, в той же час, має місце зародження тепла в кількості пропорційній кількості порушеної рухомої сили. І навпаки, там, де є порушення теплоти, там має місце виробництво рухомої сили». На жаль передчасна смерть не дала змоги Карно переглянути та скорегувати свою основну працю.

Геніальність викладів Карно полягає в тому, що він зміг зробити перспективні висновки про теплові машини, не обґрунтовуючи свої погляди на принципи еквівалентності тепла та роботи. Не ґрунтуючись на засадах першого закону термодинаміки, Карно не зміг би обґрунтувати термічну ефективність теплового двигуна те, що йому часто приписують. Він показав та розрахував тільки максимальну можливість теплового двигуна: його максимальну продуктивність (кількість води, перемножену на підняту висоту, по відношенню до заданої кількості вугілля).

Карно уявляв, що рухома сила теплового двигуна, проявляється внаслідок переходу незмінної кількості теплоти від високотемпературного джерела (теплового резервуару або нагрівача) до холодного джерела (конденсатора або холодильника). Ґрунтуючись на викладах Лазаря Карно, який обґрунтував ефективність машин із водяним приводом, Саді Карно провів аналогію процесів теплового двигуна та водяного колеса. Роботу теплового двигуна Карно розглядав як результат різниці температур, наслідком якої є рух однієї і тієї ж кількості тепла від нагрівача до охолоджувача. Таким же чином як у водяному колесі величина роботи залежить від кількості води та різниці гравітаційних рівнів, по аналогії у тепловому двигуні кількість роботи залежить також від кількості теплоти нагрівача та різниці температур. В дійсності, відповідно до принципу еквівалентності, робота дорівнює різниці між кількістю теплоти нагрівача та кількістю теплоти, яка віддається охолоджувачу.

Карно запропонував ідеальний цикл теплового двигуна на основі циліндра, поршня, робочого тіла та двох джерел тепла з різними температурами. Робоче тіло яке знаходиться в циліндрі може бути в будь якому агрегатному стані, але яке може змінювати свій об'єм в залежності від теплового процесу (нагрівання чи охолодження). Цикл може повторюватись безмежну кількість разів, що забезпечує постійне виробництво енергії.

Своїм циклом Карно заклав основи термодинамічної теорії оборотності. Кожне повторення дії циклу супроводжується рухом тепла від джерела з більшою температурою до джерела з меншою температурою та виробництвом зовнішньої роботи без зміни кількості тепла, що відповідало існуючій в той час теорії «теплецю». Карно уявляв собі, що кожна дія циклу може бути оборотною, таким чином що б тепло рухалось від тіла з меншою температурою до тіла з більшою температурою при витраті тієї ж зовнішньої роботи. Цей висновок був зроблений маючи на увазі аналогію з водяним колесом. Карно назвав свій цикл «реверсивним», так як в такому разі цикл реалізується в зворотному напрямку і потребує затрати такої ж кількості роботи, яку він виробляє при прямій дії.

Центром теоретичної дискусії Карно було його ствердження відносно того, що при започаткованій різниці температур та незмінній кількості тепла, жоден інший цикл не може виробляти більше рухомої енергії чим його ідеальний «реверсивний» цикл. Цей висновок він зробив порівнюючи свій «реверсивний» цикл з більш ефективним гіпотетичним циклом з більшою кількістю рухомої енергії. В цьому разі можливо частину рухомої енергії гіпотетичного циклу використати для реверсу циклу Карно, а іншу частину в зовнішню роботу. Іншими словами можливо сказати, що в разі комбінування циклу Карно з більш ефективним циклом при тих же започаткованих умовах, стає можливою дійсність вічного двигуна (тепер він називається вічним двигуном першого роду). Але можливість вічного двигуна заперечувалась в той час більшістю вчених.

Тому кінцевим висновком Карно було ствердження неможливості циклу, який буде більш ефективним ніж «реверсивний» цикл при тих же умовах. Цими висновками Карно започаткував основу другого закону термодинаміки, який був узагальнений роботами Клаузіуса та Томсона тільки у п'ятдесятих роках XIX століття.

Карно показав, що енергія ідеального циклу жодним чином не залежить від властивостей робочого тіла. Але з практичної точки зору властивості робочого тіла відіграють значну роль, так як від цього залежить вибір проекту двигуна та робочого рівня температур. Він рекомендував вибирати такі робочі тіла, які можуть більше розширюватись при заданому рівні температур. Тому газу, згідно з Карно, мали більшу перспективу по відношенню до рідин та твердих тіл. Тому Карно приділив значну увагу повітрю, як робочому тілу теплового двигуна, підкреслюючи переваги повітря по відношенню до водяної пари при високих температурах нагрівача. Він прогнозував можливість внутрішнього згоряння палива, що обумовлювало зменшення кількості апаратів (парового генератора, конденсатора). Це створювало можливість створення портативного, компактного двигуна. Разом з тим Карно розумів, що механізм, за допомогою якого стискається повітря в такому двигуні буде значно

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

складнішим та буде потребувати більше енергії по відношенню до парового двигуна, що обумовлено значно меншим питомим об'ємом води та її незначною пружністю. Безумовно, що ідея використання повітря як робочого тіла, була передвісником для розвитку двигунів внутрішнього згорання.

Карно писав: «Використання атмосферного повітря для розвитку рухомої сили тепла передбачає на практиці дуже великі, але, напевно, не неподолані труднощі. Якщо ми будемо мати везіння подолати їх, це, безумовно, дасть значну перевагу над водяною парою».

Але шлях від передбачення Карно до практичного втілення двигуна внутрішнього згорання на практиці був досить тривалим, так як тільки у 1859 році француз Жан Етьєн Ленуар винайшов такий двигун, який пізніше в 1878 році був доведений німецьким інженером Отто практично до рівня, який відповідає сьогоденню. В значній мірі усі передбачення Карно, відповідно до труднощів та потенційних переваг двигуна, збулися.

Історія розвитку двигуна Дизеля (1891 р) свідчить про те, що цикл Карно використовувався не як основа якоїсь реальної машини, а як гіпотетичний зразковий цикл, за допомогою якого можливо визначати максимальну термодинамічну ефективність теплового двигуна. Рудольф Дизель ще в студентські роки, слухаючи лекції проф. Лінде, поставив за мету побудову циклу Карно. Він прагнув реалізувати цикл з повітрям, в якому процес підводу теплоти був би ізотермічним, контролюючи при цьому витрати палива. На жаль він не зміг здійснити свою мрію, але він наблизив процес підводу теплоти в своєму циклі до ізотермічного (ізобарний процес підводу теплоти в циклі Дизеля є ближчим до ізотермічного в порівнянні із ізохорним в циклі Отто), що обумовило і підвищення термічного коефіцієнта корисної дії. Прагнення Карно запалити паливо в двигуні внутрішнього згорання методом стиснення здійснились при реалізації двигуна Дизеля.

Поряд з цим Карно передбачав комбінований цикл. Він писав: «Ми можемо навіть допустити використання того ж самого тепла послідовно для повітря та пари. В такому разі буде необхідним, щоб повітря, після його первинного використання, мало достатньо високу температуру, з тим щоб замість вилучення до атмосфери, заставити його нагрівати паровий бойлер так, ніби він тільки вийшов з печі». Такий комбінований цикл мав практичну реалізацію в дизельному двигуні Стила, який не зовсім вдало пройшов апробацію на локомотивах та судах. Продовження цієї ідеї Карно має місце в комбінованих циклах, які поєднують газову та парову турбіни і успішно застосовуються в промисловості.

Заключна частина. Незважаючи на те, що Саді Карно цілком справедливо є засновником теоретичної науки — термодинаміки, він був насамперед інженером—практиком, який добре розумів різницю між теоретичною розробкою (проектом) та реальним двигуном. Його теоретична праця закінчувалась словами: «Економіка спалювання це єдина вимога, яку необхідно реалізовувати в теплових двигунах. В багатьох випадках вона не є головною. Завжди перевага повинна віддаватися безпеці, надійності та строку служби двигуна, його габаритам, дешевизні установки та ін. Насамперед, при оцінюванні двигуна, необхідно мати на увазі його зручність та економіку; врахування побічних факторів з метою отримання кращих результатів простим способом — такими повинні бути провідні риси людини, яка призвана керувати та координувати працю робітників та привести їх до корисного фінішу».

Відмічаючи працю Карно, необхідно віддати належне його видатному передбаченню та аналітичній силі, яка насамперед базується на жорсткій практичній діяльності. Його бажання насамперед були націлені на практичні перспективи, пов'язані з розвитком промисловості на основі узагальнення та удосконалення теплових машин. В пошуках відповіді на актуальні практичні питання, Карно став засновником теоретичних положень, які пояснюють процеси енергетичних перетворень в різноманітних фізичних явищах в узагальненому вигляді та в теплових двигунах і холодильних машинах зокрема. В якійсь мірі технічна термодинаміка є наукою, яка стала дзеркальним відображенням праці Карно. Вона є теоретичною наукою з відповідним аналітичним апаратом, який дозволяє розраховувати та оптимізувати процеси енергетичних перетворень, але вона базується на основних законах, які були узагальнені дослідним (емпіричним) шляхом, та які в загальному вигляді відображають усю безмежну кількість реальних (дійсних) процесів та явищ існуючої навколо нас фізичної природи.

Література

1. Базаров, И. П. Заблуждения и ошибки в термодинамике [Текст] / И. П. Базаров. Изд. 2-е испр. – М.: Едиториал УРСС. – 2003. – 120 с.
2. Бродянский, В. М. Сади Карно. 1796-1832 [Текст] / В. М. Бродянский. – М.: Наука. – 1996. – 160 с.
3. Игнатович, В. И. Введение в диалектико-материалистическое естествознание [Текст]: монография / В. И. Игнатович. – Киев: ЭКМО. – 2007. – 468 с.
4. Вейник, А. И. Новая система термодинамики обратимых и необратимых процессов [Текст] / А. И. Вейник – Минск: Высшая школа. – 1966. – 48 с.
5. Кашманов, В. В. Карно, Клапейрон, Клаузиус [Текст] / В. В. Кашманов. – М.: Просвещение, 1985. – 96 с.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

6. Михал, С. Вечный двигатель вчера и сегодня [Текст] / С. Михал. – М.: Мир, 1984. — 256 с.
7. Второе начало термодинамики [Текст]: [сборник] / С. Карно [и др.]; ред. И предислов. А. К. Тимирязев. – Изд. 2-е. – М.: URSS. ЛКИ, 2007. – 311 с.
8. Смирнов, Г. В. Под знаком необратимости (Очерки о теплоте) [Текст] / Г. В. Смирнов. – М.: Знание, 1977. – 144 с.
9. Спасский, Б. И. К истории открытия теоремы Карно [Текст] / И. С. Саранов, Б. И. Спасский // Успехи физических наук. – 1969. – Вып. 2, Т. 99. – С. 347–352.
10. Радциг, А. А. Сади Карно и его «Размышления о движущей силе огня» [Текст] / А. А. Радциг // Архив истории науки и техники. Вып. 3. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. – 1934. – С. 31–49.
11. Цирлин, А. М. Второй закон термодинамики и предельные возможности тепловых машин [Текст] / А. М. Цирлин // Журнал технической физики. – 1999. – Вып. 1, Т. 69. – С. 140–142.
12. Шпильрайн, Э. Э. О предельных КПД теплосиловых установок [Текст] / Э. Э. Шпильрайн // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1982. – № 4. – С. 121–126.
13. Victor Brodiansky. Sadi Carnot 1796–1832: Réflexions sur sa vie et la portée de son oeuvre [Text] / V. Brodiansky – Presses Universitaires de Perpignan. – 2006. – 240 p.
14. Jacques Grivenald. La revolution carnotienne. Thermodynamique, economie et ideologie [Text] / Jacques Grivenald // Revue europeenne de sciences. – 1975. – № 36. – P. 39–79.
15. Mer, V. C. Some current misin terpresantations of N. L. Sadi Carnot s memoir and cycle [Text] / V. C. Mer // American Journal of Physics. – 1954. – № 1. – С. 22.
16. Clausius, R. Abhandlungen über die mechanische Wärmttheorie. Abtheilung II. [Text] / R. Clausius // Braunschweig: Druck und Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, 1867. – 351 p.

References

1. Bazarov, I. P. (203). Zabluzhdenija i oshibki v termodinamike : Izd. 2-e ispr. Moscow, Editorial URSS, 120.
2. Brodjanskij, V. M. (1996). Sadi Karno. 1796-1832. Moscow, Nauka, 160.
3. Ignatovich, V. I. (2007). Vvedenie v dialektiko-materialisticheskoe estestvoznaniit. Kiev, JeKMO, 468.
4. Vejnik, A. I. (1966). Novaja sistema termodinamiki obratimyh i neobratimyh processov. Minsk, Vysshaja shkola, 48.
5. Kashmanov, V. V. (1985). Karno, Klapejron, Klauzius. Moscow, Prosveshhenie, 96.
6. Mihal, S. (1984). Vechnyj dvigatel' vchera i segodnja. Moscow, Mir, 256.
7. Vtoroe nachalo termodinamiki: sbornik. Izd. 2-e. (2007). Moscow, URSS. LKI, 311.
8. Smirnov, G. V. (1977). Pod znakom neobratimosti (Ocherki o teplote). Moscow, Znanie, 144.
9. Spasskij, B. I., Saranov, I. S. (1969). K istorii otkrytija teoremy Karno. Upehi fizicheskikh nauk, 2 (99), 347–352.
10. Radcig, A. A. (1934). Sadi Karno i ego «Razmyshlenija o dvizhushhej sile ognja». Arhiv istorii nauki i tehniki. Vyp. 3. Moscow.–Leningrad, AN SSSR, 31–49.
11. Cirlin, A. M. (1999). Vtoroj zakon termodinamiki i predel'nye vozmozhnosti teplovih mashin. Zhurnal tehnichekoj fiziki, 1 (69), 140–142.
12. Shpil'rajn, Je. Je. (1982). O predel'nyh KPD teplosilovyh ustanovok. Izvestija AN SSSR. Jenergetika i transport, 4, 121–126.
13. Victor Brodiansky. (2006). Sadi Carnot 1796–1832: Réflexions sur sa vie et la portée de son oeuvre. Presses Universitaires de Perpignan, 240.
14. Jacques Grivenald. (1975). La revolution carnotienne. Thermodynamique, economie et ideologie. Revue europeenne de sciences, 36, 39–79.
15. Mer, V. C. (1954). Some current misin terpresantations of N. L. Sadi Carnot s memoir and cycle. American Journal of Physics, 1, 22.
16. Clausius, R. (1867). Abhandlungen über die mechanische Wärmttheorie. Abtheilung II. Braunschweig: Druck und Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, 351.

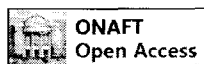
СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

УДК 621.165

**НОВЫЙ МЕТОД ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИН
NEW METHOD FOR COOLING GAS TURBINE BLADES**

**Милованова В. В., канд. техн. наук, доцент, Ярошенко В. М., канд. техн. наук, доцент,
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса
Milovanova V. V., Yaroshenko V. M.
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine**

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Важным фактором повышения коэффициента полезного действия газотурбины является процесс охлаждения лопаток турбины. Проектирование эффективной системы охлаждения является очень сложным процессом. Однако это необходимо для проектирования турбин с наиболее эффективным преобразованием энергии. С этой точки зрения тема охлаждения стала в настоящее время особенно актуальной.

Существует несколько методов охлаждения лопаток газотурбин. Конвективный метод охлаждения лопаток турбин является методом внутреннего охлаждения путем конвекции. Пленочный метод характеризуется наличием воздушной пленки, которая защищает лопатку от нагревания. Оба традиционных метода охлаждения не обладают высокой эффективностью. Отражательный метод охлаждения был получен в результате попыток оптимизации процесса охлаждения лопаток газотурбин. При использовании метода отражательного охлаждения поток холодного воздуха вдвигается внутрь лопатки и отражается от её стенок. Коэффициент теплопередачи при этом принимает очень высокие значения.

Отражательное охлаждение для реактивных двигателей самолетов исследуется уже в течение десяти лет. До сих пор было трудно практически реализовать принципы отражательного охлаждения из-за технических проблем. Только появление новых материалов и технологий изготовления и соответствующая экстремально высокая точность изготовления создали предпосылки для промышленного производства лопаток с отражательным охлаждением. Затраты на проектирование такой системы охлаждения достаточно высокие, но это окупается выигрышем в температуре и коэффициенте полезного действия газотурбины. Главной проблемой при разработке системы отражательного охлаждения является оптимизация протекания потока охлаждающего воздуха внутри лопатки для обеспечения оптимального процесса охлаждения.

В статье проведен анализ метода отражательного охлаждения, его преимущества перед традиционными методами, а также проблемы, которые встают на стадии его разработки, как например, проблемы при моделировании метода отражательного охлаждения.

Особое внимание уделяется перспективам развития современной системы охлаждения лопаток газотурбин, а также влияние эффективной системы охлаждения на повышение эффективности газотурбины в целом.

An important factor in increasing the efficiency of the turbine is the cooling process of the turbine blades. Designing of an effective cooling system is a very complex process. However, it is necessary to design the turbines with most efficient energy conversion. From this viewpoint, the cooling is considered currently as particularly relevant topic.

There are several cooling methods of the gas turbine blades. The convective cooling method of the gas turbine blades is a method of internal cooling via convection. The film method is characterized by availability of the air film which protects a blade from heating. The both traditional cooling methods are not characterized by high efficiency. The reflective cooling method was developed as a result of trying to optimize the cooling process of gas turbine blades. When using the reflective cooling method, the cooling airflow is blown into the blade and is reflected from its walls. In doing so the heat transfer coefficient takes very high values.

The reflective cooling for the jet aircrafts has been examining for more than ten years. Until now, it was difficult to implement practically the principles of the reflective cooling due to technical problems. Only the emergence of new materials and manufacturing techniques and extremely high accuracy has created the prerequisites for manufacturing

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

the blades with reflective cooling. The costs for designing of such cooling system are quite high but it pays off a win in the temperature and efficiency of gas turbines.

The main problem in the design of the reflective cooling system is optimization of the cooling airflow inside the blade for the most effective cooling process.

The article analyzes the method of reflective cooling, its advantages in comparison with traditional methods, as well as the problems that arise at the stage of its development, for example, problems of the modeling method of the reflective cooling.

The particular attention is paid to the development prospects of modern gas turbine blade cooling systems, as well as the influence of effective cooling system on improving the efficiency of gas turbines in general.

Ключевые слова: охлаждение, газотурбина, лопатка, энергомашиностроение.

Key words: cooling, gas turbine, blade, power—plant.

Вступлення. Существует опробованная технология для охлаждения газотурбинных двигателей самолетов и стационарных газотурбинных установок. Несмотря на это, первые теоретические попытки оптимизировать процесс охлаждения лопаток газотурбин были предприняты еще в первой половине девятнадцатого века [1—3]. Причина заключается в следующем: оптимизация данного процесса позволяет повысить энергетический коэффициент полезного действия (КПД) установок и снизить количество вредных выбросов в окружающую среду. Такой результат, например, можно достичь при применении отражательного метода охлаждения стенок лопаток, которому в настоящее время уделяется большое внимание [4—7]. Так, в Федеральной высшей политехнической школе Лозанны (Швейцария) проводятся теоретические и экспериментальные исследования данного метода, которые помогут производить более эффективные газотурбины. Данный проект финансируется Федеральным ведомством Швейцарии по энергетике [8].

Около 1700 дм³ керосина сжигаются во время полета самолета дальнего следования типа Airbus A380 на 100 км полета. Во время перелета в 10 000 км из Франкфурта в Сингапур потребляется приблизительно 170 000 дм³ горючего. При таких потребляемых объемах даже небольшие усовершенствования в системе охлаждения реактивного двигателя помогут сэкономить достаточно много горючего. Поэтому во всем мире интенсивно исследуются возможности энергетической оптимизации деталей и компонентов газотурбин [9—12].

Газотурбины являются центральным элементом двигателя самолета, а также применяются в качестве стационарных установок, например, в качестве газотурбинных электростанций, работающих на природном газе или нефти и производящих электроэнергию. Но, независимо от типа газотурбинной установки, исходным требованием для оптимизации ее КПД является следующее: сначала компрессор должен сжать воздух при минимальном потреблении энергии, затем смесь из сжатого воздуха и горючего должна сгореть в камере сгорания с образованием горячего газа и при наименьшем выделении вредных веществ, загрязняющих атмосферу, (как, например, окислы азота). Затем, при расширении в турбине, тепловая энергия должна наиболее эффективно преобразоваться в кинетическую энергию ротора. Кроме этого, из определенного количества горючего необходимо получить как можно больше движущей энергии или электрического тока, т.е. газотурбина должна иметь как можно более высокий КПД.

Постановка задачи. Важным фактором повышения КПД турбины является процесс охлаждения лопаток турбины. Когда струя газа из камеры сгорания поступает в турбину, температура реактивного двигателя достигает 1500 °С. Такие температуры металлические сплавы газотурбин не могут выдержать, и поэтому их обычно охлаждают до приблизительно 600 °С. Для этого обычно применяются два способа. Первый — конвективный метод охлаждения лопаток турбин является методом внутреннего охлаждения и заключается в следующем: в каналах лопаток циркулирует поток холодного воздуха, который так закручивается посредством специальных ребер, чтобы обеспечить как можно более эффективное охлаждение [13]. Второй метод — это пленочное охлаждение, это результат дальнейшего развития метода внутреннего охлаждения, при этом холодный воздух выдувается изнутри лопатки турбины через отверстия на верхнюю сторону лопатки, где образует воздушную пленку, которая защищает лопатку от нагревания [13].

Конструирование эффективной системы охлаждения является очень сложным процессом. Однако это необходимо для проектирования турбин с наиболее эффективным преобразованием энергии. С этой точки зрения тема охлаждения стала в настоящее время особенно актуальной. Эффективность работы газотурбины согласно законам физики тем выше, чем выше температура горячего газа на входе в турбину. При этом даже относительно небольшие относительные повышения температуры горячего газа дают достаточно большой эффект. Например, при повышении температуры горячего газа на входе в турбину на 50 °С, полезная мощность повышается на 8...9 %, а тепловой КПД повышается на 2...3 %.

Существуют различные пути оптимизации системы охлаждения лопаток турбин. Главной целью при этом всегда является конструирование системы охлаждения таким образом, чтобы холодный воздух в лопатке тур-

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

бины произвел наибольший охлаждающий эффект. Большое значение при этом играет дизайн лопатки, а также расположение охлаждающих каналов. «Новые технологии производства лопаток турбин помогают нам улучшать систему охлаждения», — говорит инженер Марк Хенце, специалист по системам охлаждения газотурбин фирмы Alstom (Швейцария).

В данной работе мы хотели рассмотреть проблемы, возникающие при усовершенствовании системы охлаждения лопаток газотурбин, а также приводим пример разработки нового метода охлаждения лопаток газотурбин, а именно — метода отражательного охлаждения.

При подготовке статьи использовались материалы зарубежных Интернет-ресурсов.

Разработка новой системы охлаждения (Лозанна, Швейцария). Alstom является поставщиком турбин по всему миру, он изготавливает, в том числе, и турбины для газотурбинных установок. Чтобы предлагать своим клиентам конкурентоспособную продукцию, фирма имеет собственный отдел по исследованию и развитию, где в кооперации с университетскими партнерами разрабатываются различные оптимизационные проекты. На сегодняшний день только в области систем охлаждения в разработке находятся 10 проектов, один из них в кооперации с Федеральной высшей политехнической школе Лозанны (Швейцария) [8]. Основной областью исследований является система отражательного охлаждения. При отражательном охлаждении (impingement cooling) лопатка турбины имеет двойную стенку. Внутренняя стенка имеет отверстия, через которые внутрь лопатки втекает холодный воздух и отражается как луч от внутренней стороны наружной стенки, охлаждая ее при этом. Большое преимущество этого метода заключается в том, что коэффициент теплопередачи при этом принимает очень высокие значения. За счет этого для охлаждения требуется меньшее количество охлаждающего воздуха [14].

Снижение расхода холодного воздуха имеет важное значение, т.к. воздух для охлаждения лопаток турбины отводится от компрессора перед входом в турбину. Обычно для охлаждения лопаток турбины требуется около 20 % сжатого компрессором воздуха. «Нашей целью является снижение этого показателя значительно ниже 20 %», — заявляет доктор Петер Отт, преподаватель по тепловым турбинам Федеральной высшей политехнической школы Лозанны (Швейцария), руководитель данного проекта, который финансируется Федеральным ведомством Швейцарии по энергетике. «Если мы отводим от компрессора меньше сжатого воздуха для охлаждения, то мы можем использовать больше сжатого воздуха для процесса горения. Таким образом, газотурбина будет иметь более высокий КПД.

Основные проблемы метода отражательного охлаждения. Отражательное охлаждение для реактивных двигателей самолетов исследуется уже в течение десяти лет.

Например, Rolls Royce работает над соответствующими реактивными двигателями. На газотурбинных электростанциях такая система охлаждения тоже уже применяется, однако, расположить систему охлаждения достаточно близко к стенке лопатки удавалось только в единичных случаях и пока что исследуется на прототипах. До сих пор было трудно практически реализовать принципы отражательного охлаждения из-за технических проблем. Только появление новых материалов и технологий изготовления и соответствующая экстремально высокая точность изготовления создали предпосылки для промышленного производства лопаток с отражательным охлаждением.

В особенности это касается расположения системы отражательного охлаждения близко к стенке лопатки. Если раньше внутренняя стенка лопатки была изготовлена из листовой стали с отверстиями, которая затем должна отдельно закрепляться на лопатке, то сейчас обе стенки — внутренняя стенка турбины с отверстиями и ее наружная стенка — могут быть изготовлены непосредственно методом литья. Особое преимущество этой методики изготовления заключается в возможности применения инновационной пристенной схемы охлаждения. Затраты на проектирование такой системы охлаждения достаточно высокие, но это окупается выигрышем в температуре и КПД газотурбины [15].

В проекте Федеральной высшей политехнической школе Лозанны (Швейцария) исследуются факторы, влияющие на эффективность системы отражательного охлаждения [16].

Например, как наиболее эффективно расположить отверстия во внутренней стенке лопатки турбины? При каком расстоянии между внутренней и наружной стенками лопатки обеспечивается оптимальное охлаждение? Какая оптимальная скорость потока холодного воздуха, выражаемая числом Рейнольдса?

Модель лопатки турбины из плексигласа. Чтобы ответить на эти вопросы, исследователи создали целый ряд моделей лопаток турбин из плексигласа. Эти модели воспроизводят охлаждающие каналы в лопатке турбины в масштабе 50:1 и служат для детального изучения процесса охлаждения в лопатке. Эта модель позволяет определить значения параметров процесса охлаждения при высокой объемной разрешающей способности.

В качестве индикаторов температуры применяются термохромические жидкие кристаллы [17].

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Результаты исследований моделей с различной геометрией позволяют оптимизировать геометрию каналов системы охлаждения.

Это может быть выполнено в соответствии с различными расчетными критериями, как например: максимальное локальное охлаждение, очень равномерное охлаждение, минимизация потребления холодного воздуха, минимизация потерь давления. Очень высокое объемное разрешение результатов испытаний позволяет проводить текущий контроль расчетных методов, по которым каналы охлаждения были спроектированы [16].

Заключение. Повышение удельной полезной мощности газотурбины и общего КПД установки можно достичь путем повышения степени сжатия компрессора и соответственно повышения температуры на входе в турбину. В результате этого повышается тепловая нагрузка на камеру сгорания и детали турбины [18]. Несмотря на применение новых жаростойких материалов необходимо усовершенствовать систему охлаждения деталей газотурбины. Повышение температуры в камере сгорания в целях повышения КПД установки приводит к повышению расхода охлаждающего воздуха, который может на 20 % превышать расход воздуха основного потока. Чтобы повысить общий КПД установки, необходимо сочетать повышение температуры потока на входе в турбину с применением более интенсивной системы охлаждения и оптимизацией конфигурации охлаждающего контура [19], а не с повышением расхода охлаждающего воздуха, что само по себе снижает КПД.

Охлаждение лопаток газотурбинных установок может реализовываться различными методами, оптимизация этих методов может происходить по разным параметрам. Наиболее перспективным считается метод отражательного охлаждения, разрабатываемый в настоящее время.

Литература

1. Пат. DE 491738 C DE. Einrichtung zur Kühlung der Laufschaufeln von Gasturbinen, bei welcher das Kühlmittel unter Druck durch die hohl ausgebildeten Laufschaufeln geführt wird [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] / Heinrich Bauhaus. – заявник і патентовласник Maschf Augsburg Nuernberg Ag – № DE1929M0109073; заявл. 28.02.1929; опубл. 12.02.1930. – Режим доступу: <http://www.google.de/patents/DE491738C?cl=zh-CN>. (Дата звернення 13.05.2016 р). – Назва з екрану.
2. Пат. DE 891639 C DE. Kühlung der Schaufeln von Turbomaschinen [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] / Karl Dr.-Ing Leist. – заявник і патентовласник Karl Dr.-Ing Leist – № DE1940L0005668; заявл. 05.10.1940; опубл. 05.04.1954. – Режим доступу: <https://google.com/patents/DE891639C?cl=ja>. (Дата звернення 13.05.2016 р). – Назва з екрану.
3. Пат. DE 559676 C DE. Verfahren zur Kuehlung von Schaufeln, insbesondere fuer Brennkraftturbinen [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] / E. H. Hans Holzwarth Dr Ing. – заявник і патентовласник E. H. Hans Holzwarth Dr Ing. – № DE1931H0128234; заявл. 20.08.1931; опубл. 22.09.1932. – Режим доступу: <http://www.google.com/patents/DE559676C>. (Дата звернення 13.05.2016 р). – Назва з екрану.
4. Пат. DE 60318640 T2 DE, ES, FR, GB, IT, SE Prallkühlung für Hinterkanten einer Turbinenschaufel [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] / Manning, Robert Francis, Newburyport, Massachusetts 01950, US; Taslim, Mohammad Esmail, Needham, Massachusetts 02492 US. – заявник і патентовласник General Electric Co., Schenectady, N. Y., US. – № 0001327747; заявл. 09.01.2003; опубл. 08.01.2009. – Режим доступу: URL:<http://www.patent-de.com/20090108/DE60318640T2.html> (Дата звернення 13.05.2016 р). – Назва з екрану.
5. Пат. EP 1 496 203 B1 DE, FR, GB Turbinenschaufel mit Prallkuehlung [Електронний ресурс]: [Веб-сайт] / Davison, Peter 15838 Wunsdorf (DE), Blume, Barbara 14165 Berlin (DE)/ – заявник і патентовласник Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG 15827 Dahlewitz (DE). – № 04090262.9; заявл. 12.01.2005; опубл. 08.02.2006. – Режим доступу: URL:<https://data.epo.org/publication-server/pdf-document?pn=1496203&ki=B1&cc=EP>. (Дата звернення 13.05.2016 р). – Назва з екрану.
6. Aero thermodynamik Prallkühlung [Electronic resource] // Institut für Luft- und Raumfahrt TU Berlin. – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: URL:<https://www.aero.tu-berlin.de/menue/forschung-forschungsthemen/aerothermodynamik/prallkuehlung/> (viewed on May 13, 2016). – Title from the screen.
7. Prallkühlprüfstand. Technische Universität Darmstadt [Electronic resource] // Bundesamt für Energie BFE, Success Stories – Fachartikel – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: URL:http://www.bfe.admin.ch/cleantech/05761/05763/05782/index.html?lang=de&dossier_id=05135 (viewed on May 13, 2016). – Title from the screen.
8. Андреев, К. Д. Разработка эффективных систем охлаждения направляющей лопатки высокотемпературной газовой турбины на базе интенсификации теплообмена с вихревой матрицей [Електронний ресурс]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.04.12 / Андреев Константин Дмитриевич; Санкт-Петербургский государственный технический университет; науч. рук. Арсеньев Л. В., Рассохин В. А. – Санкт-Петербург, 1999. – 142 с. – Режим

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTI

- доступа: <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-effektivnykh-sistem-okhlazhdeniya-napravlyayushchei-lopatki-vysokotemperaturnoi-g> (дата обращения 13.05.2016 г). – Заглавие с экрана.
9. Нагора, Г. П. Эффективные способы охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин [Текст] / Г. П. Нагора. – М.: Изд-во МАИ, 1996. – 100 с.
 10. Ernst Schmidt Wärmeübertragung durch natürliche Konvektion in starken Fliehkraftfeldern bei der Kühlung von Gasturbinen [Electronic resource] // Digitale Bibliothek Braunschweig – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00026892/Schmidt_Waermeuebertragung.pdf 05135 (viewed on May 13, 2016). – Title from the screen.
 11. Material aufbau von Flugzeugturbinen auf molekularer Ebene analysiert [Electronic resource] // Universität Jena – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: <http://www2.uni-jena.de/journal/unimai00/flug.htm> (viewed on May 13, 2016). – Title from the screen.
 12. Wärmeübertragung [Electronic resource] // Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: http://www.uni-stuttgart.de/itlr/aktuelles/Waermeuebertragung_2010.pdf, (viewed on May 13, 2016). – Title from the screen.
 13. Kühlung von Gasturbinenkomponenten [Electronic resource] // Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt Universität Stuttgart. – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: URL: <http://www.uni-stuttgart.de/itlr/forschung/waerme/index.php?open=k> (viewed on May 13, 2016). – Title from the screen.
 14. Поткин, А. Н. Разработка комплексного подхода к проектированию охлаждаемых высокотемпературных газовых турбин с целью снижения рисков и сроков разработки [Электронный ресурс]: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.05 / Андрей Николаевич Поткин; Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П. А. Соловьёва – Рыбинск, 2014. – 131 с. Режим доступа: http://www.rsau.ru/arch/diss/potkin_an_diss.pdf (дата обращения 13.05.2016 г). – Заглавие с экрана.
 15. Neue Kühltechnik steigert Effizienz von Gasturbinen [Electronic resource] // Erneuerbare Energie. News. – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: URL: <http://www.ee-news.ch/de/erneuerbare/article/29197/epfl-neue-kuhltechnik-steigert-effizienz-von-gasturbinen> (дата обращения 13.05.2016 г). – Заглавие с экрана.
 16. Gerhard Angerer Rohstoffe für Zukunftstechnologien [Electronic resource] // Technische Universität Ilmenau – Electronic data. – Mode of access: World Wide Web: <http://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/media/wt/Lehre/Vorlesung/Werkstoffe/angerer-rohstoffe-fuer-zukunftstechnologien.pdf> (дата обращения 13.05.2016 г). – Заглавие с экрана.
 17. Höhere Temperaturen in Turbinen [Electronic resource] // Kraftwerkforschung – Mode of access: World Wide Web: <http://kraftwerkforschung.info/hoehere-temperaturen-in-turbinen/> (дата обращения 13.05.2016 г). – Заглавие с экрана.
 18. Schulz, A. V. Zum Einfluss der Freistromturbulenz, intensive Kühlung und einer Nachlaufströmung auf den äußeren Wärmeübergang einer konvektiv gekühlten Gasturbinenschaufel [Electronic resource] / A. V. Schulz // Leibniz Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften Universitätsbibliothek – Mode of access: World Wide Web: <https://www.tib.eu/en/search/id/tema%3A+TEMAM87102731363/Zum-Einfluss-hoher-Freistromturbulenz-intensiver/> (дата обращения 13.05.2016 г). – Заглавие с экрана.
 19. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов; Под ред. С. В. Цанева. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 579 с.

References

1. Heinrich Bauhaus. (1930). Maschf Augsburg Nuernberg Ag. Patent DE 491738 C DE Einrichtung zur Kühlung der Laufschaufeln von Gasturbinen, bei welcher das Kühlmittel unter Druck durch die hohl ausgebildeten Laufschaufeln geführt wird. Available at: <http://www.google.de/patents/DE491738C?cl=zh-CN>.
2. Karl Dr-Ing Leist. (1954). Karl Dr-Ing Leist. Patent DE 891639 C DE. Kühlung der Schaufeln von Turbomaschinen. Available at: <https://google.com/patents/DE891639C?cl=ja>.
3. E. H. Hans Holzwarth Dr Ing. (1932). E. H. Hans Holzwarth Dr Ing. Patent DE 559676 C DE. Verfahren zur Kühlung von Schaufeln, insbesondere fuer Brennkraftturbinen. Available at: <http://www.google.com/patents/DE559676C>.
4. Manning, Robert Francis. (2009). Patent DE 60318640 T2 DE, ES, FR, GB, IT, SE. Prallkühlung für Hinterkanten einer Turbinenschaufel. Available at: URL: <http://www.patent-de.com/20090108/DE60318640T2.html>
5. Davison, P., Blume, B. (2006). Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co. Patent EP 1 496 203 B1 DE, FR, GB. Turbinenschaufel mit Prallkühlung. Available at: URL: <https://data.epo.org/publication-server/pdf-document?pn=1496203&ki=B1&cc=EP>.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

6. Aero thermodynamik Prallkühlung. (2016). Institut für Luft- und Raumfahrt TU Berlin. Available at: URL:<https://www.aero.tu-berlin.de/menue/forschung/forschungsthemen/aerothermodynamik/prallkuehlung/>.
7. Prallkühlprüfstand. Technische Universität Darmstadt. (2016). Bundesamt für Energie BFE, Success Stories– Fachartikel. Available at: URL:http://www.bfe.admin.ch/cleantech/05761/05763/05782/index.html?lang=de-&dossier_id=05135.
8. Andreev, K. D. Razrabotka jeffektivnyh sistem ohlazhdeniya napravljajushhej lopatki vysokotemperaturnoj gazovoj turbiny na baze intensivifikacii teploobmena s vihrevoj matricej. Dokt. Diss. [Turbomashiny i kombinirovannye turboustanovki. Dokt. Diss.]. Sankt-Peterburg, 1990. 142 p. – Available at: <http://www.dissercat.com/content/-razrabotka-jeffektivnykh-sistem-okhlazhdeniya-napravlyayushchei-lopatki-vysokotemperaturnoi-g>. (In Russian).
9. Nagoga, G. P. (1996). Jefferktivnye sposoby ohlazhdeniya lopatok vysokotemperaturnyh gazovyh turbin. Moscow, Izd-vo MAI, 100. (In Russian).
10. Ernst Schmidt Wärmeübertragung durch natürliche Konvektion in starken Fliehkraftfeldern bei der Kühlung von Gasturbinen. (2016). Digitale Bibliothek Braunschweig. Available at: http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00026892/Schmidt_Waermeuebertragung.pdf 05135.
11. Material auf bau von Flugzeugturbinen auf molekularer Ebene analysiert. (2016). Universität Jena. Available at: <http://www2.uni-jena.de/journal/unimai00/flug.htm>.
12. Wärmeübertragung. (2016). Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt. Available at: http://www.uni-stuttgart.de/itlr/aktuelles/Waermeuebertragung_2010.pdf.
13. Kühlung von Gasturbinenkomponenten. (2016). Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt Universität Stuttgart. Available at: URL:<http://www.uni-stuttgart.de/itlr/forschung/waerme/index.php?open=k>.
14. Potkin, A. N. Razrabotka kompleksnogo podhoda k proektirovaniju ohlazhdaemyh vysokotemperaturnyh gazovyh turbin s cel'ju snizheniya riskov i srokov razrabotki. Dokt. Diss. [Teplovyje, jelektroaknetnye dvigateli i jenergoustanovki letatel'nyh apparatov. Dokt. Diss.]. Rybinsk, 2014. 131 p. – Available at: http://www.rsatu.ru/arch/diss-/potkin_an_diss.pdf. (In Russian).
15. Neue Kühltechnik steigert Effizienz von Gasturbinen. (2016). Erneuerbare Energie. News. Available at: URL:<http://www.ee-news.ch/de/erneuerbare/article/29197/epfl-neue-kuehltechnik-steigert-effizienz-von-gasturbinen>.
16. Gerhard Angerer Rohstoffe für Zukunftstechnologien. (2016). Technische Universität Ilmenau. Available at: <http://www.tu-ilmenau.de/fileadmin/media/wt/Lehre/Vorlesung/Werkstoffe/angerer-rohstoffe-fuer-zukunftstechnologien.pdf>.
17. Höhere Temperaturen in Turbinen. (2016). Kraftwerkforschung. Available at: <http://kraftwerkforschung.info/hoehere-temperaturen-in-turbinen>.
18. Schulz, A. V. (2016). Zum Einfluss hoher Freistromturbulenz, intensive Kühlung und einer Nachlaufströmung auf den äußeren Wärmeübergang einer konvektiv gekühlten Gasturbinenchauffel. Leibniz Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften Universitätsbibliothek. Available at: World Wide Web: <https://www.tib.eu/en/search/id/tema%3AATEMAM87102731363/Zum-Einfluss-hoher-Freistromturbulenz-intensiver>.
19. Canev, S. V., Burov, V. D., Remezov, A. N. (2002). Gazoturbinnye i parogazovye ustanovki teplovyh jelektrostantsij. Moscow, MJeI, 579. (In Russian).

**СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І
АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ.
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ
В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ**

УДК 536.2:519.876

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
ПРИ ИНТЕНСИВНОМ НАГРЕВЕ ПЛОТНЫХ ТЕЛ
ANALYTICAL STUDY OF THE HEAT AT INTENSE HEAT DENSE BODIES**

**Колесниченко Н. А., аспирант, Волгушева Н. В., канд. техн. наук, доцент,
Бошкова И. Л., д-р техн. наук, доцент,**

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Kolesnichenko N. A., Volgusheva N. V., Boshkova I. L.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal "Scientific Works".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Проведено аналітичне дослідження процесів теплопровідності при високоінтенсивному нагріві щільних тіл, подібних глинистим і пластичним матеріалам. Розглянуті умови применимости гіперболічного і параболічного рівняння теплопровідності для складання математических моделей високоінтенсивного нагріву. Отримано, що для малих чисел Фур'є рішення гіперболічного рівняння теплопровідності дозволяє визначити товщину термічного шару і його зміну в часі. Показано на прикладі виробництва технічної кераміки, що можливі швидкості нагріву значно нижче граничної, до якої швидкість поширення теплоти може бути прийнята нескінченно великою. Сделано висновок, що при побудові математических моделей для процесів термообробки в технологіях виробництва технічної кераміки і подібних їм по інтенсивності нагріву, раціонально ґрунтуватися на рівнянні теплопровідності параболічного типу. Предложена математическая модель теплопроводности полуграниченного массива при действии внутренних источников теплоты для граничных условий III рода в дифференциальной форме. Как результат ее решения, получены аналитические зависимости для расчета температуры массива при его нагреве в условиях действия внутренних источников теплоты, в частности, в микроволновом поле. Предлагаемая зависимость для расчета безразмерной избыточной температуры позволяет получить информацию о тепловом состоянии тела при его нагреве в микроволновом поле и определить влияние на теплообменный процесс определяющих характеристик: коэффициента теплоотдачи, коэффициента поглощения электромагнитной энергии, толщины слоя, начальной температуры материала и температуры окружающей среды.

The analytical study of the processes of thermal conductivity at high intensity heating of dense bodies, similar to clay and plastic materials, was conducted. The conditions of applicability for the hyperbolic and parabolic equation of thermal conductivity for the composition of mathematical models of high intensity heating were explored. It was found that for the small Fourier numbers, the solution of hyperbolic equation of thermal conductivity makes it possible to determine thickness of the thermal layer and its change over time. Based on the example of manufacturing technical ceramics, it was demonstrated that the possible heating rates are considerably below the boundary rate, within which the velocity of heat propagation may be accepted as infinitely high. The conclusion was drawn that in the course of construction of mathematical models for the processes of thermal treatment in the technologies for the production of technical ceramics and the products similar to them in the intensity of heating, it is rational to take the thermal conductivity equation of parabolic type as the basis. A mathematical model of thermal conductivity of a semi-restricted array by the effect of internal heat sources for the boundary conditions of the III kind in the differential form was proposed. As the result of its solution, we obtained analytical dependencies for the calculation of temperature of the array at its heating under conditions of action of the internal heat sources, in particular, in the microwave field. The proposed dependency for calculating the dimensionless excess temperature makes it possible to obtain information about a thermal state of a body at its heating in the microwave field and to determine influence of the determining characteristics — the heat emission coefficient, the coefficient of absorption of electromagnetic energy, thickness of the layer, initial temperature of material and ambient temperature — on the heat exchange process.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Ключевые слова: время релаксации, число Фурье, безразмерная температура, гиперболическое уравнение, теплопроводность, микроволновое поле.

Key words: relaxation time, the number of Fourier, the dimensionless temperature, hyperbolic equation, thermal conductivity, microwave field.

Особенности аналитического исследования высокоинтенсивных процессов теплопроводности. Применение методов высокоэнергетического воздействия и их комбинирование с традиционными технологиями термической обработки глинистых и пластических материалов ставит своей целью получение заданных рабочих свойств и характеристик: степень устойчивости к износу и растрескиванию, устойчивость к воздействию высоких температур, требуемая механическая и физическая внутренняя структура. Эффективность получения таких материалов зависит от особенностей формирования температурного поля в теле, для получения данных о котором необходимы надежные математические модели. Однако в настоящее время существует проблема, связанная с неопределенностью подходов к моделированию высокоинтенсивных процессов, в первую очередь, вследствие неопределенности допущений, принимаемых при формулировке дифференциального уравнения теплопроводности. Само понятие высокоинтенсивного нагрева применяется довольно широко, при построении моделей допустимы уравнения как гиперболического, так и параболического типа, в зависимости от специфики распространения теплоты в конкретном материале.

Таким образом, актуальность темы исследования обуславливается необходимостью определения корректных математических моделей теплопроводности для условий высокоинтенсивного нагрева материала. Аналитические решения дают возможность проводить вычислительные эксперименты и, в результате, получать новые знания о влиянии широкого спектра параметров процесса на тепловое состояние тела.

Как отмечено в [1], конкретному виду изотермической поверхности соответствует определенный дифференциальный оператор теплопроводности, среди которых оператор параболического типа является частным случаем. Этому оператору соответствует строго определенный класс изотермических поверхностей, и выйти за его пределы нельзя изменением начальных и граничных условий [1—2]. Дифференциальное уравнение теплопроводности, связывающее временное и пространственное изменение температуры, для среды с переменными физическими характеристиками и внутренними источниками теплоты при допущении о том, что скорость распространения теплоты бесконечно велика, имеет следующий вид:

$$\rho c \frac{\partial t}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} t) + q_v, \quad (1)$$

При его выводе тепловой поток через контрольную площадку в некоторый момент времени принят пропорциональным разности температур в точках тела, удаленных от этой площадки на некоторое расстояние, в тот же момент времени. В 1941 г. А. В. Лыковым была предложена гипотеза о конечных скоростях распространения теплоты и массы [3]. В случаях, когда линейная связь между тепловым потоком и градиентом температур нарушается, плотность теплового потока определяется обобщенным законом Фурье (в предположении, что теплофизические характеристики не зависят от температуры и внутренние источники теплоты отсутствуют):

$$\vec{q} = -\lambda \nabla t - \tau_r \frac{\partial \vec{q}}{\partial \tau}, \quad (2)$$

где τ_r — постоянная времени (время релаксации).

При резком изменении $\vec{q}$ перестройка температурного поля и градиента температуры происходит со смещением во времени (τ_r). Чем выше степень нестационарности, тем больше τ_r . Дифференциальное уравнение теплопроводности с учетом релаксационных процессов было получено на основе уравнения теплового баланса и обобщенного закона Фурье (гиперболическое уравнение теплопроводности):

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \tau_r \frac{\partial^2 t}{\partial \tau^2} = a \nabla^2 t, \quad (3)$$

Переход к гиперболическому оператору устраняет некоторые некорректные решения классической теории теплопроводности. В [4] представлены результаты исследования решений краевых задач переноса для уравнений гиперболического типа, где рассматривалась корректность постановки задачи при граничных условиях (ГУ) ГУ I и ГУ III рода. В [5] представлено решение нелинейного гиперболического уравнения теплопроводности при ГУ I рода в квазистационарном режиме нагрева для полубесконечного тела. Показано, в рассматриваемом случае можно вместо гиперболического уравнения теплопроводности использовать решение параболического уравнения, при условии, что коэффициент теплопроводности будет функцией как температуры, так и скорости нагрева.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Отдельной проблемой математического моделирования процессов теплопроводности является нагрев в микроволновом поле, поскольку здесь требуется учитывать преобразование электромагнитной энергии во внутреннюю энергию в объеме тела. В то же время, технологии получения материалов, основанные на микроволновом нагреве, получают все большее распространение [6—8]. На основе применения теории обобщенных функций путем сведения задачи теплопроводности для многослойной конструкции к однослойной с переменными (разрывными) физическими свойствами среды в замкнутом виде получено точное аналитическое решение задачи нестационарной теплопроводности с переменными во времени внутренними источниками теплоты [3]. Однако, предложенные зависимости имеют свои ограничения и могут быть применены исключительно для многослойных конструкций при заданных значениях внутренних источников теплоты.

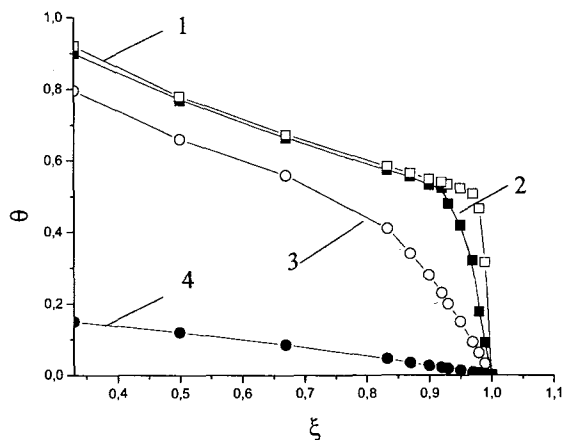
Целью работы является составление математических моделей высокоинтенсивного нагрева плотных тел, свойства которых подобны глинистым материалам и пластическим массам, применяемых при производстве технической керамики и различных композиционных изделий.

Для достижения данной цели следовало решить ряд задач:

- провести анализ существующих решений гиперболических уравнений теплопроводности и оценить их применимость для расчета высокоинтенсивных процессов производства, в частности керамики;
- оценить вклад релаксационных явлений в процессы, интенсивность которых ограничена требованиями для производства керамики;
- получить зависимости для расчета температуры при микроволновом нагреве полуограниченного массива для граничных условий III рода;
- провести вычислительный эксперимент по полученным зависимостям с целью их верификации.

Аналитическое исследование температуры тела при высокоинтенсивном нагреве. Аналитическое исследование теплового состояния тела проведено с использованием зависимостей [9]. На рис. 1 представлен график изменения избыточной температуры тела при различных значениях Fo . Релаксационное число Фурье

$$Fo_r = \frac{a \cdot \tau_r}{\delta^2}, \text{ относительная координата } \xi = \frac{x}{\delta}, \text{ безразмерная избыточная температура } \theta_K = \frac{t - t_{cm}}{t_0 - t_{cm}}.$$



1 — $Fo = 2,78 \cdot 10^{-4}$; 2 — $Fo = 2,78 \cdot 10^{-3}$;
3 — $Fo = 2,78 \cdot 10^{-2}$; 4 — $Fo = 2,78 \cdot 10^{-1}$

Рис. 1 — Избыточная температура тела при различных значениях числа Фурье

для процессов любой интенсивности применение уравнения теплопроводности гиперболического типа позволяет решить проблему малых чисел Фурье. На малых числах Фурье прогрев (охлаждение) тела определяется движением фронта ударной тепловой волны, на котором происходит скачок температур.

Анализ необходимости применения гиперболического уравнения теплопроводности проводился на основании расчетных данных по температуре при задании экстремально больших значений температур поверхности нагрева: от 3000 °C до 4000 °C (к примеру, при спекании керамики температура не превышает 1420 °C). Полу-

Расчеты проводились при следующих условиях: $Fo_r = 2,78 \cdot 10^{-11}$, $\delta = 0,06$ м. При Fo порядка $10^{-3} \dots 10^{-4}$ наблюдается существенное изменение температуры на границе тела, далее температурная кривая начинает сглаживаться, в этих случаях вид кривых соответствует результатам, получаемым по известным зависимостям, в основе которых лежит дифференциальное уравнение теплопроводности параболического типа. Фронт ударной волны при $Fo = 2,78 \cdot 10^{-4}$ ограничивается безразмерной координатой $\xi = 0,97$, при $Fo = 2,78 \cdot 10^{-3}$ координата сместилась до значения $\xi = 0,92$. Расчеты показывают, что за фронтом ударной волны температура менее интенсивно, но изменяется, т.е. в период времени релаксации теплота продолжает распространяться путем теплопроводности.

Применение зависимостей [9] позволяет проводить уточненные расчеты температурного поля с учетом релаксационных процессов при любых (сколько угодно малых) числах Фурье и определять границу теплового фронта. Представляется, что

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

чено, что скорость нагрева в этих условиях 2,6...3,8 К/с. В то же время, в соответствии с зависимостью (7), для глинистых материалов, свойства которых определялись согласно [10], граничная скорость нагрева составляла 13185 К/с (в качестве T_w принята температура плавления каолина (1800 °С), начальная температура $T_0 = 20$ °С). Таким образом, при моделировании температурного поля в процессах спекания керамики существует принципиальная возможность применения уравнений теплопроводности параболического типа.

Математическая модель нестационарной теплопроводности на основе параболического уравнения с внутренними источниками теплоты. При формулировке модели принимались следующие условия. Слой материала рассматривается как полуограниченный массив с тепловой изоляцией боковой поверхности при начальной температуре t_0 . Внутри стержня действует положительный источник тепла, обусловленный действием микроволнового поля, и удельная мощность которого q_v , Вт/м³. Теплообмен с окружающей средой протекает по закону Ньютона—Рихмана (граничное условие третьего рода). Задачей является получение зависимости для температуры от глубины массива и времени. Математическая запись данной задачи представляется следующим образом:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{q_v}{c \cdot \rho} \quad (4)$$

$$t(x, 0) = t_0 \quad (5) \quad \frac{\partial t(\infty, \tau)}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

$$\alpha(t(0, \tau) - t_{\text{ср}}) = -\lambda \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} \quad (7)$$

Здесь t — температура, x — текущая координата, τ — время, a , λ , c , ρ — соответственно коэффициенты температуропроводности и теплопроводности, удельная теплоемкость и плотность слоя материала; α — коэффициент теплоотдачи, q_v — положительный источник теплоты.

Принято, что внутренние источники тепла являются экспоненциальной функцией координаты: $q_v = q_{v0} e^{-\gamma x}$. Здесь q_{v0} — максимальная удельная мощность положительного источника, γ — коэффициент ослабления электромагнитной энергии в слое, м⁻¹. Применив преобразование Лапласа, получено решение (8):

$$T(x, \tau) = \left(\frac{T_0 - T_{\text{ср}}}{\lambda} + \frac{q_{v0}}{c \cdot \rho \cdot a} \cdot \frac{1}{\gamma + \frac{\alpha}{\lambda}} \right) \cdot \left(-\frac{\lambda}{\gamma} \cdot \text{Erfc} \left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \tau}} \right) + \frac{\lambda}{\alpha} \cdot e^{\frac{\gamma \sqrt{a \cdot \tau}}{\lambda} \left(\frac{\alpha \sqrt{a \cdot \tau}}{\lambda} + \frac{x}{\sqrt{a}} \right)} \cdot \text{Erfc} \left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \tau}} - \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \sqrt{a \cdot \tau} \right) \right) + \frac{q_{v0} \cdot (\alpha - \alpha \cdot \gamma)}{c \cdot \rho \cdot a} \cdot \frac{1}{2 \cdot \gamma^2 \cdot \lambda} \cdot \left\{ \frac{1}{\gamma - \frac{\alpha}{\lambda}} \cdot \left(-\text{Erfc} \left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \tau}} \right) + e^{-\gamma \sqrt{a \cdot \tau} \left(-\gamma \sqrt{a \cdot \tau} + \frac{x}{\sqrt{a}} \right)} \cdot \text{Erfc} \left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \tau}} - \gamma \cdot \sqrt{a \cdot \tau} \right) \right) + \frac{1}{\gamma \cdot \left(\gamma + \frac{\alpha}{\lambda} \right)} \cdot \left(\text{Erfc} \left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \tau}} \right) + e^{\gamma \sqrt{a \cdot \tau} \left(\gamma \sqrt{a \cdot \tau} + \frac{x}{\sqrt{a}} \right)} \cdot \text{Erfc} \left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \tau}} + \gamma \cdot \sqrt{a \cdot \tau} \right) \right) \right\} + \frac{q_{v0}}{c \cdot \rho \cdot a \cdot \gamma^2} \cdot \left(e^{a \cdot \gamma^2 \cdot \tau} - 1 \right) \cdot e^{-\gamma x} + T_0 \quad (8)$$

Аналитическое исследование температурного поля полуограниченного массива проводилось при варьировании следующих определяющих характеристик: коэффициента теплоотдачи α , коэффициента поглощения электромагнитной энергии γ , толщины слоя x , начальной температуры материала t_0 и температуры окружающей среды t_a . Рис. 2 демонстрирует изменение температуры по глубине материала.

Данные получены для следующих условий: $\alpha = 20$ Вт/(м²К), $x = 0,001$ м, $q_{v0} = 3 \cdot 10^5$ Вт/м³, $\gamma = 35$ м⁻¹, $t_0 = 20$ °С, $t_a = 20$ °С. Видно, что на некотором расстоянии от поверхности интенсивность роста температуры значительно ниже, чем в слоях, близких к поверхности, что связано с затуханием электромагнитной энергии по глубине.

Влияние коэффициента теплоотдачи на распределение температур в материале демонстрируется рис. 3. Низкие значения α приводят к тому, что в слоях, близких к поверхности, в которых затухание электромагнитной энергии незначительно, температура существенно возрастает.

Полученная зависимость (8) позволяет рассчитать температуру полубесконечного массива при различных геометрических и физических условиях, среды и материала.

Выводы. Аналитическое исследование изменения температурного поля в материале показало, что при значениях чисел Фурье, соизмеримых с релаксационными числами Фурье, формируются две области, соответствующие термическому слою и слою, в котором релаксационные процессы не завершились.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

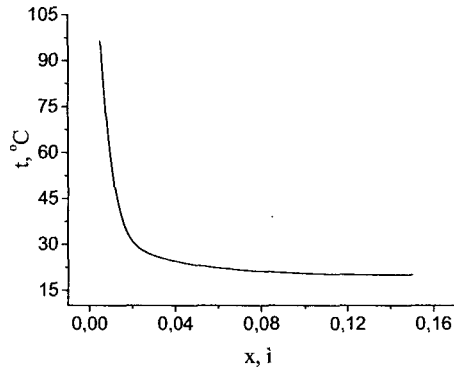
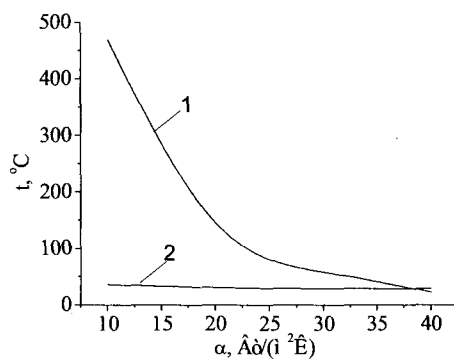


Рис. 2 — Изменение температуры материала t , °C по глубине x , i (время $\tau=100$ с)



1 — $x=0,01$ м; 2 — $x=0,021$ м

Рис. 3 — Влияние коэффициента теплоотдачи α на температуру материала t , °C (время $\tau=100$ с)

Вкладом релаксационных явлений в процессы, интенсивность которых ограничена требованиями для производства, к примеру, керамики, можно пренебречь. Показано, что возможные скорости нагрева на примере производства технической керамики значительно ниже граничной, выше которой нельзя принимать гипотезу о бесконечной скорости распространения теплоты. При построении математических моделей целесообразно основываться на уравнении теплопроводности параболического типа.

Предложена математическая модель теплопроводности полуограниченного массива при действии внутренних источников теплоты для граничных условий III рода в дифференциальной форме. Как результат ее решения, получена аналитическая зависимость для расчета температуры массива при его нагреве в условиях действия внутренних источников теплоты, в частности, в микроволновом поле.

Предлагаемая зависимость для расчета безразмерной избыточной температуры позволяет получить информацию о тепловом состоянии тела при его нагреве в микроволновом поле и определить влияние на теплообменный процесс определяющих величин: коэффициента теплоотдачи, коэффициента поглощения электромагнитной энергии, толщины слоя, начальной температуры материала и температуры окружающей среды.

Литература

1. Шашков, А. Г. Волновые явления теплопроводности [Текст] / А. Г. Шашков, В. А. Бубнов, С. Ю. Яновский. — М.: Эдиториал УРСС, 2004. — 296 с.
2. Риман, Б. Сочинения [Текст] / Б. Риман: Пер. с нем. под ред., с предисловием, обзорной статьей и примечаниями В. Л. Гончарова. — М.—Л.: Гостехиздат, 1948. — 543 с.
3. Лыков, А. В. Теория теплопроводности [Текст] / А. В. Лыков. — М.: Высшая школа, 1967. — 559 с.
4. Карташов, Э. М. Краевые задачи для гиперболических моделей переноса. Математические методы и информационные технологии в химии и химической технологии [Текст] / Э. М. Карташов // Вестн. МИТХТ. — 2008. — № 3, Т. 3. — С. 20–22.
5. Исаев, К. Б. К вопросу об учете конечной скорости распространения тепла в твердом теле [Текст] / К. Б. Исаев // Тр. V Минского межд. форума ММФ-2004. — Минск: ИТМО НАНБ, 2004. — С. 1–6.
6. Luo, Zh. A reduced-order extrapolation central difference scheme based on POD for two-dimensional fourth-order hyperbolic equations [Text] / Zh. Luo, Sh. Jin, J. Chen // Applied Mathematics and Computation. — 2016. — V. 289. — P. 396–408.
7. Shen, W. Anti-diffusive methods for hyperbolic heat transfer [Text] / W. Shen, Leigh Little, L. Hu // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. — 2010. — V. 199, Iss. 17–20. — P. 1231–1239.
8. Ordonez-Miranda, J. Determination of thermal properties for hyperbolic heat transport using a frequency-modulated excitation source [Text] / J. Ordonez-Miranda, J. J. Alvarado-Gil // International Journal of Engineering Science. — 2012. — V. 50, Iss. 1. — P. 101–112.
9. Кудинов, В. А. Об одном методе получения точного аналитического решения гиперболического уравнения теплопроводности на основе использования ортогональных методов [Текст] / В. А. Кудинов, И. В. Кудинов // Вестник Самарского Технического ун-та. Серия: Физико-математические науки. — 2010. — № 5 (21). — С. 159–169.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

10. Шумская, М. И. Анализ влияния объемного содержания и типа глинистых минералов на релаксационные характеристики песчано-алевритовых образцов керна [Текст] / М. И. Шумская, В. Н. Глинских // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 2015. – № 7. – С. 35–38.

References

1. Shashkov, A. G., Bubnov, V. A., Janovskij, S. Ju. (2004). Volnovye javlenija teploprovodnosti. Moscow: Jeditorial UPSS, 296.
2. Riman, B. (1948). Sochinenija. Per. s nem. pod red., s predisloviem, obzornoj stat'ej i primechanijami V. L. Goncharova. Moscow–Leningrad: Gostehizdat, 543.
3. Lykov, A. V. (2004). Teorija teploprovodnosti. Moscow: Vysshaja shkola, 559.
4. Kartashov, Je. M. (2008). Kraevye zadachi dlja giperbolicheskikh modelej perenosa. Matematicheskie metody i informacionnye tehnologii v himii i himicheskoi tehnologii. Vestn. MITHT, 3 (3), 20–22.
5. Isaev, K. B. (2004). K voprosu ob uchete konechnoj skorosti rasprostraneniya tepla v tverdom tele. Trydi. V Minskogo mezhd. foruma MMF-2004. Minsk: ITMO NANB, 1–6.
6. Luo, Zh. Chen, Sh. Jin, J. (2016). A reduced-order extrapolation central difference scheme based on POD for two-dimensional fourth-order hyperbolic equations. Applied Mathematics and Computation, 289, 396–408.
7. Shen, W., Leigh Little, L. Hu. (2010). Anti-diffusive methods for hyperbolic heat transfer. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 199 (17–20), 1231–1239.
8. Ordonez-Miranda, J., Alvarado-Gil, J. J. (2012). Determination of thermal properties for hyperbolic heat transport using a frequency-modulated excitation source. International Journal of Engineering Science. 50 (1), 101–112.
9. Kudinov, V. A., Kudinov, I. V. (2010). Ob odnom metode poluchenija tochnogo analiticheskogo reshenija giperbolicheskogo uravnenija teploprovodnosti na osnove ispol'zovanija ortogonal'nyh metodov. Vestnik Samarskogo Tehnicheskogo un-ta. Serija: Fiziko-matematicheskie nauki, 5 (21), 159–169.
10. Shumskajte, M. J., Glinских, V. N. (2015). Analiz vlijaniya obemnogo soderzhaniya i tipa glinistyh mineralov na relaksacionnye harakteristiki peschano-alevritovyh obrazcov kerna. Geologija, geofizika i razrabotka nefjanyh mestorozhdenij, 7, 35–38.

УДК 536.24

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ С ГРАНУЛИРОВАННОЙ НАСАДКОЙ
STUDY OF HEAT TRANSFER PROCESSES EXCHANGER GRANULAR NOZZLE INCLUDED**

Солодка А. В., аспирант

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

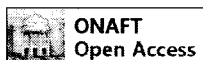
Solodkaya A. V.

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

Copyright © 2016 by author and the journal “Scientific Works”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Исследуется эффективность работы теплоутилизатора с гранулированной насадкой. Обоснован выбор для исследования частиц гравия и керамзита в качестве материала насадки. Представлены результаты экспериментального изучения межкомпонентного теплообмена в плотном слое дисперсного (гранулированного) материала, движущегося и неподвижного. В схеме экспериментальной установки нагретый воздух моделирует поток отходящих газов в системе вентиляции промышленных предприятий с низкпотенциальными тепловыми выбросами. Исследуется эффективность работы теплообменного участка по схеме противотока в сравнении с продувкой неподвижного слоя. Предложено критериальное уравнение для определения коэффициента межкомпонентного теплообмена, которое учитывает скорость движения теплоносителей, теплофизические свойства газового компонента, определяющий размер частиц. Результаты анализа экспериментальных

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

данных свидетельствуют, что коэффициенты межкомпонентного теплообмена для движущегося слоя на участке тепловой стабилизации значительно превышает значения для неподвижного слоя частиц, что учитывается представленной обобщающей зависимостью. Установлено, что в качестве материала для гранулированной насадки целесообразно использовать керамзит.

The article concentrates on are investigated the efficiency of the heat exchanger with a granular nozzle. Explained the choice for the study of gravel and expanded clay particles as packing material. Presents the results of the experimental study of heat transfer in the dense intercomponent layer of particulate (granular) material, moving and stationary. In the scheme of the experimental setup heat air simulates the flow exhaust gases in ventilation systems of industrial enterprises with low potential thermal emissions. Investigated the efficiency portion of the heat exchange in counterflow scheme in comparison with flushing of the fiction layer. The article proposes criteria equation to determine the coefficient of heat transfer intercomponent, which takes into account the velocity of heat coolants, thermal properties of the gas component, which determines particle size. The results of the analysis of experimental data show that coefficients of intercomponent heat transfer for the moving layer in the thermal stabilization area is much higher than the values for stationary layer of particles that takes into account by generalizing dependence. It is established that as a granular material for the nozzle is reasonable to use keramzit

Ключевые слова: экспериментальное исследование, теплоутилизатор, межкомпонентный теплообмен, энергетическая эффективность.

Key words: experimental investigation, heat exchanger, heat transfer Interconnects, energy efficiency.

Введение. Использование дисперсных теплоносителей в теплообменниках позволяет интенсифицировать процессы тепло— и массообмена вследствие возможности создания развитой поверхности нагрева в виде непрерывно движущихся либо неподвижных специально выбираемых частиц. Благодаря таким особым свойствам дисперсных теплоносителей осуществляются попытки их использования в теплоутилизаторах, что способно существенно повысить энергоэффективность ряда промышленных производств, непосредственно связанных с термообработкой, при проведении которой потери теплоты могут достигать 40...50 % от подводимой мощности [1, 2]. Общий потенциал вторичных энергоресурсов (ВЭР) для химической, пищевой и строительной промышленности оценивается в несколько миллионов тонн условного топлива [3, 4].

Теплоутилизаторы в виде регенераторов с дисперсной насадкой давно привлекают внимание исследователей [5—7], однако сложность и недостаточная изученность межфазных процессов теплообмена в слое дисперсного материала не позволяет разработать методику инженерного расчета, что препятствует их широкому распространению.

Целью работы являлось экспериментальное исследование процессов теплообмена между нагретым воздухом и плотным слоем гранулированного материала, движущегося и неподвижного, и определение оптимальных режимных параметров теплоутилизатора для предприятий с низкопотенциальными выбросами теплоты. такими как пищевые производства.

Выбор гранулированных материалов для низкопотенциального теплоутилизатора. В зависимости от поставленной задачи, в технике широко используются различные дисперсные системы, отличающиеся видом материала и размером частиц. Дисперсными называют системы «газ—твердые частицы», «жидкость—твердые частицы». Их важнейшей характеристикой является объемная концентрация частиц β , представляющая собой отношение объемов частиц ко всей системе. В зависимости от объемной концентрации, дисперсные системы разделяют на следующие классы [6]: слабозапыленный поток — $0 < \beta \leq 4 \cdot 10^{-4}$; газовзвесь — $4 \cdot 10^{-4} \leq \beta \leq 2 \cdot 10^{-2}$; флюидный поток — $2 \cdot 10^{-2} \leq \beta \leq 3,5 \cdot 10^{-2}$; падающий слой, псевдожизненный (кипящий) слой — $3,5 \cdot 10^{-2} \leq \beta \leq 5 \cdot 10^{-1}$; плотный слой движущийся, неподвижный — $5 \cdot 10^{-1} \leq \beta \leq 7,4 \cdot 10^{-1}$.

В рамках данной работы рассматриваются системы, относящиеся к последнему классу, причем сами частицы представляют собой сухие сыпучие вещества, что позволяет определять их как гранулированные материалы. Целесообразность такого термина определяется также тем, что распространенное представление о дисперсных системах — это коллоидные растворы и золи, что не имеет отношения к предмету данной работы.

При выборе материала для промежуточного теплоносителя (гранулированной насадки) руководствуются требованиями [6], и имеющими непосредственное отношение к задачам данного исследования:

- достаточная механическая прочность, способность противостоять ударным нагрузкам;
- достаточно высокая износостойкость, позволяющая свести к минимуму истирание зерен при их контакте между собой;
- высокая термостойкость, т. е. способность длительно противостоять периодическим сменам режимов нагрева и охлаждения;

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

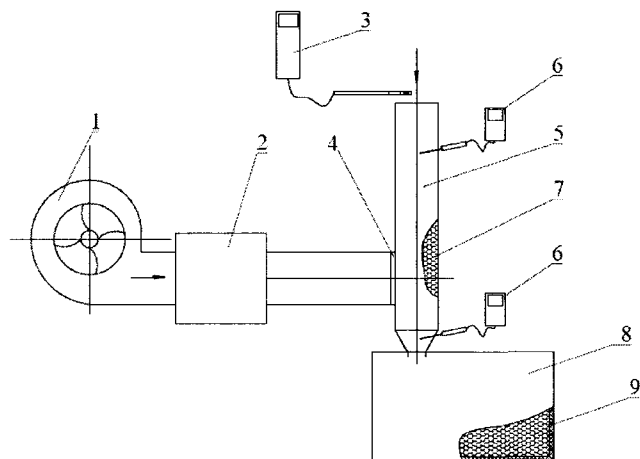
- химическая инертность по отношению к продуваемому газу и конструкционным материалам;
- незначительная способность выделять и абсорбировать различные газы;
- высокая теплопроводность, что позволяет свести к минимуму внутреннее термическое сопротивление;
- высокая теплоемкость, что позволяет уменьшить массовый расход теплоносителя при заданной тепловой нагрузке и разности температур;
- сравнительно невысокие удельная и насыпная плотность, что способствует облегчению конструкции;
- низкая стоимость материала.

В диапазоне от 700 до 2600 кг/м³ и от 750 до 1000 Дж/(кг·С) попадают такие материалы: алюминий, гравий, керамзит, песок, полихлорвинил, стеклопластик, корунд, силикагель. На основании анализа характеристик существующих гранулированных материалов, предлагаемых к использованию, были выбраны для дальнейших исследований гравий и керамзит, размер частиц: 10...20 мм. В табл. 1 приведены основные физические свойства этих материалов, на основании которых проводились тепловые расчеты.

Таблица 1 — Основные физические свойства исследуемых гранулированных материалов [9]

Материал	Теплоёмкость, Дж/(кг·К)	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Плотность, кг/м ³
Гравий	750...1000	0,4...0,93	2022
Керамзит	840	0,14...0,099	662

Экспериментальная установка и методика проведения эксперимента. Для проведения исследований была сконструирована установка, рабочая часть которой моделирует участок нагрева теплообменного аппарата с дисперсной насадкой. Конструктивные особенности подобных аппаратов, рассчитанные на утилизацию теплоты отходящих газов промышленных предприятий, связываются с использованием движущегося или неподвижного слоя, что учитывалось методиками проведения исследований. Экспериментальные исследования проведены на установке, представленной на рис. 1.



1 — вентилятор; 2 — нагреватель; 3 — анемометр; 4 — сетка;
5 — рабочая камера; 6 — термометр; 7 — дисперсный материал;
8 — емкость сбора дисперсного материала; 9 — изоляция

Рис. 1 — Установка для экспериментального исследования теплообмена в плотном слое гранулированного материала

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. В рабочую камеру 5 загружался гранулированный материал. Включался вентилятор 1 и нагреватель 2, после которого нагретый воздух поступал в рабочую камеру. Температура воздуха контролировалась на входе и скорость потока, температура воздуха и материала на выходе, (датчики 3 и 6). Эксперимент проводился с трехкратным повторением. Средняя скорость фильтрации воздуха составляла $w = 0,5...2$ м/с, диаметр воздуховода $d = 0,1$ м.

При исследовании процессов теплообмена с движущимся слоем методика практически совпадала с описанной выше, при этом на выходе устанавливалось выпускное устройство, регулирующее скорость движения частиц.

Результаты и обсуждение. Схема движения теплоносителей при исследо-

вании движущегося слоя — противоток.

На рис. 2 представлены результаты измерения температур керамзита для движущегося (рис. 2 а) и неподвижного (рис. 2 б) слоя на входе в рабочую камеру и воздуха — на выходе из нее. Сплошной линией указана температура воздуха на входе. Скорость движения слоя материала: $W_m = 0,00067$ м/с, средняя скорость движения воздуха: $W_a = 0,85$ м/с. Высота засыпки — $L = 0,52$ м.

Видно, что, начиная с определенного промежутка времени, устанавливается стационарный режим, при котором температуры материала практически не меняются. Для движущегося слоя этот режим начинается при $\tau = 300$ с, для неподвижного — при $\tau = 500$ с (на графике отмечены пунктирной линией). Можно сделать вывод, что интенсивность теплообмена выше для движущегося слоя. Следует отметить существующее различие в раз-

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

ности температур между температурой материала и воздуха в одном сечении для движущегося и неподвижного слоя. При $\tau = 800$ с разность температур воздуха и материала составляет $\Delta t = 50 - 43 = 7$ °С, а для движущегося слоя $\Delta t = 60 - 55,7 = 4,3$ °С. Это связано с потерями в окружающую среду: при экспериментах с неподвижным слоем температура окружающей среды составляла 10 °С, с движущимся — 19 °С. В процессе работы температура воздуха на выходе повышается, т.е. эффективность теплообмена снижается, что для практического применения является нежелательным явлением, которое следует учитывать при выборе рабочих параметров теплоутилизатора.

На рис. 3 представлены результаты экспериментов по нагреву гравия в движущемся (рис. 3 а) и неподвижном (рис. 3 б) слое.

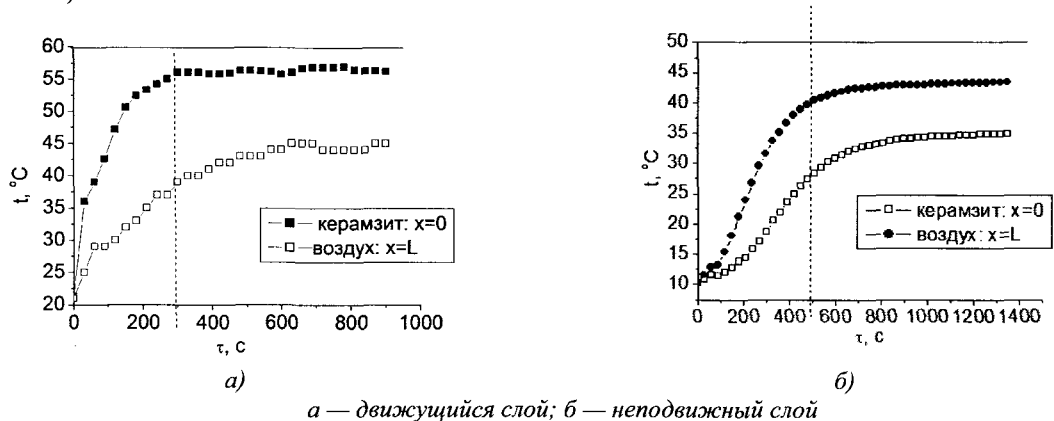


Рис. 2 — Изменение температуры воздуха и гравия во времени

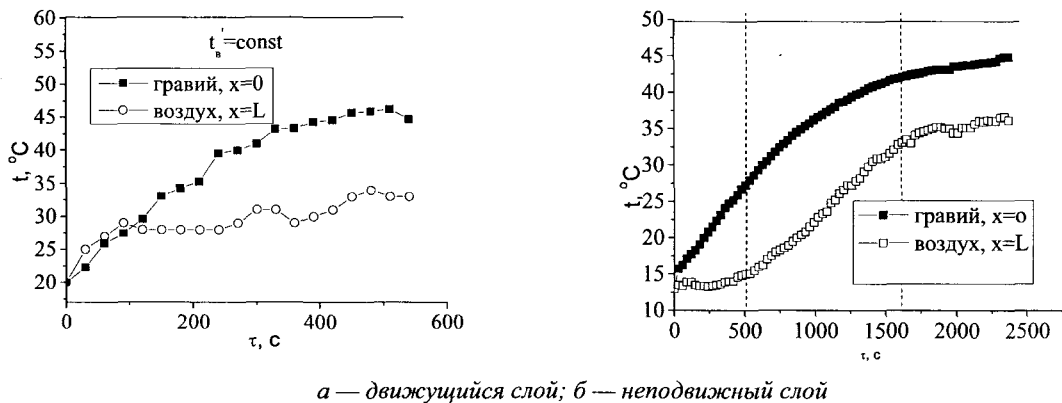


Рис. 3 — Изменение температуры воздуха и гравия во времени

В отличие от опытов с керамзитом (рис. 2), участок тепловой стабилизации не наблюдался, что свидетельствует о более продолжительном во времени участке нестационарного теплообмена.

На рис. 4 представлены температурные кривые для сравнительного анализа интенсивности нагрева гравия и керамзита в движущемся (рис. 4 а) неподвижном (рис. 4 б) слое.

Видно, что, как в движущемся, так и в неподвижном слое керамзит нагревался интенсивнее гравия.

Оценка энергетической эффективности процесса теплообмена проводилась на основании тепловых расчетов по методикам [8] и известным зависимостям для расчета тепловых потерь и определения теплофизических характеристик [9].

Важнейшей характеристикой эффективности теплопереноса в системе «газ—твердые частицы» является коэффициент межкомпонентного теплообмена α_m . Его определяют по эмпирическим критериальным уравне-

ниям, которое в общем виде учитывает влияние ряда комплексов, таких как число Рейнольдса, $Re = \frac{w_\phi d_\phi}{\nu_z}$,

**СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І
АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ.
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ
В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ**

эквивалентное число Рейнольдса $Re_3 = \frac{4w_\phi}{a_{y\phi}v_z}$, (где w_ϕ — скорость фильтрации, $a_{y\phi}$ — удельная площадь поверхности частиц, d_3 — эквивалентный диаметр частиц, v_z — вязкость газа), и симплексов, число Фруда

$Fr = \frac{w_\phi^2}{g \cdot L}$, (где L — характерный размер области, в которой рассматривается течение, в данном случае —

высота канала), поправки Михеева $\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}} \right)^{0,25}$ и симплексов L/d_3 , L/D , w_m/w_ϕ (w_m — скорость движения твердых частиц).

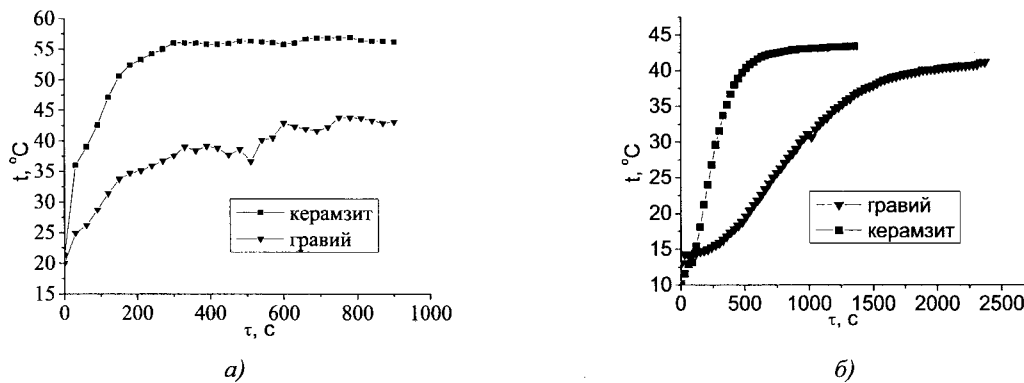


Рис. 4 — Изменение температуры керамзита и гравия во времени

Для рассматриваемой задачи вид критериального уравнения упрощается, поскольку размеры частиц значительно меньше определяющих размеров рабочей камеры, а высота рабочей камеры существенно выше ее диаметра ($L > D$). Кроме того, поправка Михеева может быть принята равной единице, поскольку теплоносителем является газ (воздух): $\varepsilon_t \cong 1$.

Обобщив экспериментальные данные, была получена зависимость для расчета коэффициента межкомпонентного теплообмена между газовой средой (нагретый воздух) и твердыми частицами, движущимися и неподвижными:

$$Nu_m = 0,074 \cdot Re^{0,52} \cdot \left(1 + (w_m \cdot 10^3) / w_\phi \right)^{1,21} \quad (1)$$

где $Nu_m = \frac{\alpha_m d_3}{\lambda_2}$ — число Нуссельта для межкомпонентного теплообмена.

Зависимость описывает экспериментальные данные с относительной погрешностью 17 % и применима для области стабилизированного теплообмена между газом и твердым материалом для движущегося и неподвижного плотного слоя частиц, фильтрации находится в пределах $w_\phi = 0,5...2$ м/с, характерный размер частиц $d_3 = 10...20$ мм, скорость движения слоя $w_m = 0,006...0,008$ м/с, температура воздуха на входе в рабочий участок $t'_g = 50...60$ °С.

Выводы. При конструировании теплоутилизаторов для низкопотенциальных источников теплоты рационально использовать в качестве материала для дисперсной насадки керамзит, который отличается сравнительно низкой удельной массой, низкой стоимостью и характеризуется высокой теплопоглощающей способностью.

Коэффициент межкомпонентного теплообмена движущегося слоя гранулированного материала выше, в сравнении с неподвижным слоем. Для оценки эффективности межкомпонентного теплообмена рекомендуется обобщающая зависимость, которая позволяет рассмотреть вклад различных определяющих режимных параметров.

СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Литература

1. Курчев, А. О. Моделирование тепловых процессов в регенеративных утилизаторах теплоты с фазовыми переходами в насадке [Текст]: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» / А. О. Курчев. – Иваново, 2010. – 19 с.
2. Ковалёв, А. В. Эффективность утилизации теплоты и экономия топлива в хлебопекарных печах [Текст] / А. В. Ковалёв, В. А. Анистратенко, В. Ю. Осауленко // Хлебопечение России. – 2003. – № 5. – С. 8 – 40.
3. Комаров, В. И. Проблемы использования вторичных сырьевых ресурсов отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности и их влияние на окружающую среду [Текст] / В. И. Комаров, Е. И. Лебедев, Т. А. Мануйлова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – № 2. – С. 6–10.
4. Медведев, В. Б. Моделирование и расчет тепловых процессов в регенеративных утилизаторах теплоты с циркулирующей гранулированной насадкой [Текст]: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» / В. Б. Медведев. – Иваново, 2009. – 17 с.
5. Горбис, З. Р. Теплообменники с проточными дисперсными теплоносителями [Текст] / З. Р. Горбис, В. А. Календерьян. – М.: Энергия, 1975. – 296 с.
6. Фалеев, В. В. Исследование межфазного теплообмена в регенеративном теплообменнике с дисперсной насадкой [Текст] / В. В. Фалеев, А. В. Бараков // Промышленная энергетика. – 2003. – № 6. – С. 35–37.
7. Прутских, Д. А. Гидродинамика и теплообмен в регенераторе с дисперсной насадкой [Текст]: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика». – Воронеж, 2009. – 22 с.
8. Календерьян, В. А. Тепломассоперенос в аппаратах с плотным дисперсным слоем [Текст] / В. А. Календерьян, И. Л. Бошкова // Монография. – К.: Слово, 2011. – 184 с.
9. Исаченко, В. П. Теплопередача [Текст] / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

References

1. Kurchev, A.O. (2010). Modelirovanie teplovyih protsessov v regenerativnyh utilizatorah teploty s fazovymi perehodami v nasadke. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. Ivanovo, Ivanovskij gosudarstvennyj arhitekturo-stroitel'nyj universitet, 19.
2. Kovalev, A. V., Anistratenko, V. A., Osaulenko, V. Yu. (2003). Effektivnost utilizatsii teploty i ekonomiya topliva v hlebopekarnyh pechah. Hlebopechenie Rossii, 5, 8 – 40.
3. Komarov, V. I., Lebedev, E. I., Manuylova, T. A. (1998). Problemy ispolzovaniya vtorichnyh syrevykh resursov otrasley pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti i ih vliyanie na okruzhayushchuyu sredy. Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya, 2, 6-10.
4. Medvedev, V. B. (2009). Modelirovanie i raschet teplovyih protsessov v regenerativnyh utilizatorah teploty s tsirkuliruyushchey granulirovannoy nasadkoy. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. Ivanovo, Ivanovskij gosudarstvennyj jenergeticheskij universitet, 17.
5. Gorbis, Z. R., Kalenderyan, V. A. (1975). Teploobmenniki s protochnymi dispersnymi teplonositelyami. Moscow: Energiya, 296.
6. Faleev, V. V., Barakov, A. V. (2003). Issledovanie mezhfaznogo teploobmena v regenerativnom teploobmennike s dispersnoy nasadkoy. Promyshlennaya energetika, 6, 35–37.
7. Prutskih, D. A. (2009). Gidrodinamika i teploobmen v regeneratorе s dispersnoy nasadkoy. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. Voronezh, Voronezhskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 22.
8. Kalenderyan, V. A., Boshkova I. L. (2011). Teplomassoperenos v apparatah s plotnym dispersnym sloem. Kiev: Slovo, 184.
9. Isachenko, V. P., Osipova, V. A., Sukomel, A. S. (1981). Teploperedacha. – Moscow: Energoizdat, 416.

ЗМІСТ

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ
ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІМЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ, АДАПТОВАНОЇ ДО
ЄВРОПЕЙСЬКОГО ЗАКОНОДАВСТВА

Верхівкер Я. Г., Мирошніченко О. М.....	4
ЖЕЛЕ ІЗ СОКУ КОРИННЯ СЕЛЕРИ	
Голінська Я. А.....	7
РОЗРОБКА СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ПРОДУКТІВ ІЗ БІОХІМІЧНО МОДИФІКОВАНИХ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН ПОЛІФЕНОЛАМИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	
Безусов А. Т., Нікітчина Т. І., Саркісян Г. О.....	13
АНАЛІЗ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РЕСТОРАННОМУ ГОСПОДАРСТВІ	
Ряшко Г. М., Крусір Г. В., Новічкова Т. П.....	17
ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТІВ З ВИЧАВОК ХЕНОМЕЛЕСУ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБІВ З ДРІЗДЖОВОГО ТІСТА	
Горобець О. М., Хомич Г. П., Ткач Н. І.....	22
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СОЛОДКИХ СОУСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТОПІНАМБУРУ ТА ХЕНОМЕЛЕСУ	
Левченко Ю. В., Хомич Г. П., Олійник Н. В.....	28
ВИВЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФАРШЕВИХ ВИРОБІВ З ПРІСНОВОДНИХ РИБ	
Герасим А. С., Кушніренко Н. М.....	34
ТОВАРОЗНАВЧА ОЦІНКА ТА РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЯКОСТІ РИБНИХ ПРЕСЕРВІВ	
Памбук С. А.....	38
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ НА ОСНОВЕ КОФЕЙНОГО ШЛАМА	
Антипина Е. А.....	43
ПРОДУКТИВНІ ЯКОСТІ ПОРОСЯТ У ВІЦІ ВІД 41 ДО 60 ДІБ ЗА ВИКОРИСТАННЯ КОМБІКОРМУ З РІЗНОЮ НОРМОЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ХЛОРИДУ НАТРІЮ, КАЛЬЦІЮ І ФОСФОРУ	
Різничук І. Ф.....	48

НОВІ ТЕХНІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ У ВИНОРОБСТВІ

РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ХІТОЗАНУ У ВИНОРОБСТВІ	
Каликова І. С.....	55
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА ТОВ «ПИВОВАРНЯ «ОПІЛЛЯ»	
Мельник І. В., Чуб С. А.....	59
АНАЛІЗ ВИХОДУ CO ₂ ПРИ БРОДІННІ ВИНОГРАДНОГО СУСЛА ПЕРІОДИЧНИМ СПОСОБОМ	
Ватренко О. В., Вігуржинська С. Ю.....	66

РОЗРОБКА ТА ОСВОЄННЯ М'ЯСНИХ І МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ НОВИХ ВИДІВ

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА БЛІКОВОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ	
Ткаченко Н. А., Дюдін І. А., Грегуль Л. А.....	71
ПІДБІР ЖИРОВИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ СУМІШЕЙ МОРОЗИВА З КОМБІНОВАНИМ СКЛАДОМ СИРОВИНИ	
Шарахматова Т. Є., Танасова Г. С.....	78
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФЕРМЕНТАЦІЇ МОЛОЧНО—РИСОВИХ СУМІШЕЙ ЙОГУРТОВИМИ ЗАКВАСКАМИ	
Ткаченко Н. А., Чагаровський О. П., Ізбаш Є. О., Копійко А. В.....	83
ПІДВИЩЕННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РУБАНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ М'ЯСА ІНДИКА	
Азарова Н. Г., Стамікосто С. С., Агунова Л. В.....	90

**СТВОРЕННЯ НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ,
ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ.
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ
В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ**

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАЦИОННОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ	
Ковальчук Д. А., Мазур А. В., Гудзь С. С.....	95
ІСТОРІЧНА МІСІЯ САДІ КАРНО	
Ярошенко В. М., Мілованова В. В.....	99
НОВЫЙ МЕТОД ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИН	
Мілованова В. В., Ярошенко В. М.....	105
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ НАГРЕВЕ ПЛОТНЫХ ТЕЛ	
Колесниченко Н. А., Волгушева Н. В., Бошкова И. Л.....	111
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ТЕПЛООБМЕННИКЕ С ГРАНУЛИРОВАННОЙ НАСАДКОЙ	
Солодка А. В.....	116