



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

16

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Харчова
ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2014

УДК 664(04) (082)

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

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Редакційна колегія:

А.І. Соколенко	доктор технічних наук, професор — головний редактор;
В.М. Таран	доктор технічних наук, професор — заступник головного редактора;
С.В.Токарчук	кандидат технічних наук, доцент — відповідальний секретар;
Л.Ю. Арсеньєва	доктор технічних наук, професор;
О.Ф. Буляндра	доктор технічних наук, професор;
А.О. Заїнчковський	доктор економічних наук, професор;
А.П. Ладанюк	доктор технічних наук, професор;
В.М. Логвін	доктор технічних наук, професор;
Н.С. Скопенко	доктор економічних наук, професор;
Т.Л. Мостенська	доктор економічних наук, професор;
В.І. Оболкіна	доктор технічних наук, старший науковий співробітник;
В.А. Піддубний	доктор технічних наук, професор;
Т.П. Пирог	доктор біологічних наук, професор;
І.О. Сінгаєвський	доктор економічних наук, професор;
М.П. Сичевський	доктор економічних наук, професор;
О.П. Сологуб	доктор економічних наук, професор;
О.Ю. Шевченко	доктор технічних наук, професор;
Є.В. Штефан	доктор технічних наук, професор.

Видання подається в авторській редакції

Схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 5 від 5 грудня 2014 р.

Адреса редакції: 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68

Тел.: (044) 287-92-45, 287-94-21

E-mail: tmipt_xp@ukr.net

© НУХТ, 2014

Комп'ютерна верстка О.В. Компанієць

Підп. до друку 04.03.2015 р. Формат 70 × 100/16.

Гарнітура TextBookCTT. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 13,22. Обл.-вид. арк. 14,07.

Наклад 100 прим. Вид. № 16н/14. Зам. № 2-15

НУХТ 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68

Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.2004 р.

Зміст

ТЕХНОЛОГІЯ

Сировина і матеріали

Соколенко А.І. Інноваційні технології підвищення ефективності харчових виробництв	5
--	---

Дубова Г.Е., Левчук И.В., Голубец О.В. Ароматизація темпурних продуктів	9
--	---

Бажай-Жежерун С.А., Рахметов Д.Б. Харчова цінність шавнату	15
---	----

Скροцька О.І., Микитенко Н.С., Потопальский А.І., Заїка Л.А., Болсунова О.І., Волощук Т.П. Цитотоксичний вплив препарату ізатизон на культуру HEK-293	20
--	----

Павлюковець І.Ю., Никитюк Л.В., Берегова Х.А., Пирог Т.П. Біоконверсія соняшникової олії в поверхнево-активні речовини acinetobacter calcoaceticus IMB B-7241 і nocardia vacciniі IMB B-7405	23
---	----

Лич І.В., Карпов О.В., Пекло Г.О., Пекло А.О. Імунологічні властивості молозива ...	28
--	----

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Івчук Н.П. Вплив фруктози і сахарози на в'язкість згущеного знежиреного молока при їх сумісному використанні	33
---	----

Башта А.О., Ковальчук В.В. Розроблення способу отримання зефіру оздоровчого призначення	37
--	----

Янчева М.О., Большакова В.А., Желєва Т.С. Вивчення властивостей гідроколоїдів під час процесу заморожування-розморожування	42
---	----

Домарецький В.А., Куц А.М., Карпутіна М.В. Культура споживання пива	46
--	----

Хіврич Б.І., Роздобудько Б.В. Фактори, що впливають на синтез діоксиду сірки в пиві	51
--	----

Скροцька О.І., Волошина І.М., Кістенюк Т.С. Віруси у продуктах харчування	56
--	----

Дорош Г.П., Сковоринська О.І., Грегірчак Н.М. Мікробіологічна безпека хліба з поліпшувачами	61
--	----

Гонта І.А., Максименко І.Ф., Мироненко С.М. Феноменологічні підходи в розробках технологій стабілізації продукції рослинного походження	66
--	----

Екологічні аспекти

Друзенко А.А., Корчик Н.М., Беседюк В.Ю. Екологічне виробництво молочних продуктів	73
---	----

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

Світлик А.М., Прохоров О.М. Моделювання процесу абсорбції в прохідних пористих капілярах	78
---	----

Кулінченко В.Р. Кипіння в мікро- і макроканалах (аналітичний огляд). Частина 1.	81
---	----

Кузьмін О.В., Мирончук В.Г., Топольник В.Г. Трансформація гідроксильних протонів в процесі створення водно-спиртових сумішей	87
---	----

Чагайда А.О. Кавітаційні режими в системах з тепловими насосами	94
--	----

Обладнання та устаткування

Якимчук М.В., Волчко А.І., Журибеда О.М. Дослідження технологічних характеристик ножових дробарок при різних конструкціях роторів	98
--	----

Пакування: розробки, дослідження, переробка

Кривопляс-Володіна Л.О., Захаревич В.Б. Відновлювальна функція реверсивно логістики для пакувальної галузі	104
---	-----

Керування виробничими процесами

Лобок О.П., Гончаренко Б.М., Слезенко А.М. Експериментальне дослідження міні-максного керування та спостереження для температурного режиму пекарної камери	111
---	-----

Кишенько В.Д., Мацебула Д.В., Лобок О.П. Керування харчовими технологічними комплексами в умовах ситуаційної конфліктності	120
---	-----

Ладанюк А.П., Бойко Р.О., Шумигай Д.А., Смітюх Я.В. Управління ситуаціями в технологічному комплексі на основі когнітивних карт	127
--	-----

Євтушенко О.В. Удосконалення моделі ризику виробничого травматизму на підприємстві	133
---	-----

Гончаренко Б.М., Лобок О.П. Обґрунтування алгоритму оптимального робастного керування	138
--	-----

Енергетика та виробничі процеси

Шестеренко В.Є., Мащенко О.А., Данько О.В. Системне вирішення проблем компенсації реактивної потужності на підприємствах харчової промисловості	146
--	-----

Осьмак О.О., Серьогін О.О., Блаженко С.І. Вплив якості вхідного палива на процес отримання генераторного газу	151
--	-----

ЕКОНОМІКА

Віткін Л.М., Ролько О.Р. Сучасні методи аналізу ризиків в процесі проектування систем управління підприємством м'ясо-молочної промисловості	158
--	-----

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF INCREASE OF EFFICIENCY OF FOOD PRODUCTIONS

A. Sokolenko*National University of Food Technologies***Key words:**

technology,
innovation, transformation,
mass transfer,
potential secondary resources,
pressure,
temperature,
thermodynamics

Article history:

Received 8.11.2014

Received in revised form
10.11.2014

Accepted 15.11.2014

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ABSTRACT

Provides information on the aggregate trends in the application of innovative technologies in the food industry. The objective of such technologies to determine the maximum possible use of energy and material resources of processed feed streams. Transformation of the latter is due to external radiation with simultaneous formation of secondary energy resources. Their accumulation is the first stage of transition. In the second stage implemented a rapid transition to a new thermodynamic state in a pulsed mode with phase transitions accompanied by cavitation phenomena. It is the latter are the causative agents of the hydrodynamic state of the environment and the intensive mass transfer.

The expediency of in-depth use of energy potential of anaerobic fermentation media in the form of variables gas-retaining ability, the kinetic energy of circulation circuits and gradients of dissolved CO₂ adjustment environment

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

А.І. Соколенко, д-р техн. наук*Національний університет харчових технологій*

Викладено інформацію щодо сукупності напрямків в застосуванні інноваційних технологій щодо харчових виробництв. Завданням таких технологій визначено максимально можливе використання енергетичних і матеріальних ресурсів перероблюваних сировинних потоків. трансформації останніх відбуваються за рахунок зовнішніх енергетичних впливів з одночасним утворенням вторинних енергетичних ресурсів. Їх накопичення є першим етапом перехідних процесів, а на другому етапі реалізується швидкоплинний перехід до нового термодинамічного стану в імпульсному режимі з фазовими переходами в супроводженні явищ кавітації. Саме останні є збудниками гідродинамічного стану середовищ та інтенсивного масообміну.

Показано доцільність поглибленого використання енергетичних потенціалів анаеробних бродильних середовищ у формі змінних показників газоутримувальної здатності, кінетичної енергії циркуляційних контурів і повисотних градієнтів розчиненого CO₂.

Ключові слова: технологія, інновація, трансформація, масообмін, потенціал, вторинні ресурси, тиск, температура, термодинаміка.

Вступ. Переробка сировини рослинного, тваринного та мікробіологічного походження супроводжується сукупністю значної кількості процесів, завданням яких є поступове перетворення вхідних матеріальних потоків у напівфабрикати і готову продукцію. До них відносяться механічні, гідравлічні, гідромеханічні, теплові, масообмінні, мікробіологічні, фізичні, хімічні, біохімічні процеси тощо або різні комбінації з них.

Метою дослідження є оцінка перспектив використання інноваційних розробок для різних галузей харчової промисловості.

Хоча вхідні потоки за своїм призначенням є матеріальними і енергетичними носіями, процеси їх подальшої трансформації також потребують енергетичних і матеріальних витрат.

Завдання мінімізації собівартості продукції тісно пов'язані з підвищенням виходу, зниженням питомих енергетичних витрат, прискоренням перебігу процесів, підвищенням рівня утилізації, рекуперацією енергетичних потоків тощо. Саме тому названі складові завжди в центрі уваги виробників, науковців, розробників нових технологій і обладнання. Разом з тим розширення асортименту продукції, постійне підвищення можливостей сучасного обладнання, досягнення в науковому підґрунті хімічних, біологічних, біохімічних, мікробіологічних, фізичних структур і процесів, інженерної генетики тощо відкривають все нові перспективи в розвитку технологій вищого ґатунку. Останнє означає зростаючу роль резервів інтенсифікації їх складових.

Загальні методи інтенсифікації перебігу масообмінних, сорбційних, теплових та інших процесів у сучасному баченні поділяють на механічні, конструктивні, фізичні, комплексні та технологічні. Стосовно рідинних або газорідинних систем та у процесах екстракції вирішальне значення відіграє гідродинамічний стан середовищ та організація процесів, за яких підтримуються найбільші з можливих рушійні фактори.

Значним здобутком останніх десятиліть можливо назвати поширення дискретно-імпульсних технологій (ДІТ) на різні галузі харчової промисловості. Їх характерною особливістю є введення оброблюваного середовища у метастабільний стан з швидким переведенням в режими адіабатного кипіння, супроводженням яких є кавітаційні явища. Змінні значення термодинамічних і гідродинамічних параметрів таких процесів дозволяють віднести їх до перехідних.

Відмітимо, що важливою перевагою дискретно-імпульсних технологій є можливість швидкоплинної зміни енергетичного потенціалу з реалізацією значних потужностей перебігу процесів. Кінцевим наслідком таких впливів є різка зміна гідродинамічного стану, тобто гідродинамічне збурення та інтенсифікація масообмінних процесів на їх фоні.

Таким чином на основі накопиченого енергетичного потенціалу системи досягається триєдиний процес: зміна енергетичного потенціалу → активація гідродинамічних режимів → інтенсифікація масообміну. В основі активованого гідродинамічного режиму, як бачимо, лежить енергетичне підґрунтя, а гідродинамічний режим визначає ступінь інтенсифікації тепло- та масообміну.

Важливою перевагою вказаних технологій є те, що в їх основу покладено енергетичний (тепловий) потенціал самої системи на момент початку перехідного процесу, а не зовнішнє джерело. При цьому енергетичний потенціал системи є рівномірно розподіленим по її об'єму, що за обмежених перепадів гідростатичних тисків приводить до суцільної активації гідродинамічного стану і масообміну. За величин гідростатичних тисків у кілька метрів водяного стовпчика прояви переведення середовищ до метастабільних станів мають ознаки повисотної нерівномірності, що повинно враховуватися.

Останній недолік нівелюється у випадках змін зовнішніх тисків стосовно газорідинних систем, що відкриває можливості інтенсифікації масообміну. Зміна термодинамічних, гідродинамічних параметрів або рушійних факторів означає організацію режимів на рівні перехідних процесів тепло- та масообміну. Їх вказана сукупність у повній мірі стосується технологій мікробного синтезу, у тому числі і безпосередньо процесів вирощування хлібопекарських дріжджів або інших аеробних мікроорганізмів. Забезпечення культуральних середовищ розчинним киснем на номінальному рівні приводить до виключення анаеробних процесів, підвищує вихід цільової продукції та її якісні показники, знижує питомі економічні витрати.

Переведення гідродинаміки і масообміну в апаратах для вирощування мікроорганізмів в режими перехідних процесів означає додатково ще і зниження питомих енергетичних витрат.

В харчовій, мікробіологічній, ферментній, хімічній, цукровій галузях, технологічному обладнанні для флотаційних процесів у виноробстві, при збагаченні руд чорних і кольорових металів тощо використовуються режими масового барботажу, ефективність яких суттєво залежить від рівномірності розподілу газової фази по поперечному перерізу реакторів, співвідношення геометричних параметрів, енергетичного потенціалу середовища в зоні формування міжфазної поверхні, співвідношень рівнів потенціальної і кінетичної енергій.

Розвиток теорії і практики перехідних процесів має ґрунтовні перспективи бути задіяними у названих галузях, що визначає актуальність і важливість цього напрямку. У зв'язку з наявністю вихідних даних, запитами промисловості та узагальнюючим комплексом процесів, що відбуваються в апаратах з газорідинними середовищами, доцільно виконувати аналіз гідродинаміки, перерозподілу енергетичних потоків і масообміну на їх прикладі тощо.

Перехідні процеси за технологій різкої зміни тисків в біологічних системах з попереднім примусовим їх насиченням діоксидом вуглецю дозволяють реалізувати режими взаємодії

складових середовищ, подібні процесам адіабатного кипіння з руйнуванням біологічних структур на міжклітинному і клітинному рівнях. Важливим позитивом цих технологій є можливість обмеження температурних режимів і збереження вітамінних, ферментних та біологічних комплексів, що визначає перспективи використання у соковидобувній, екстрактивній галузях, у виробництвах дитячого харчування тощо.

Реалізація перехідних процесів досягається в системах транспортування або організованих потоках рідинних або газорідинних сумішей за рахунок варіацій кінематичних параметрів і тисків та проявів масових сил на криволінійних ділянках траси. В останньому випадку можливою є реалізація ударної дії або взаємодії між фазами і підвищення тисків на порядок і вище за рахунок енергії потоку. Такий напрямок інтенсифікації відносно аналізу факторів масових сил близький до механічних систем, тому застосування закономірностей механіки створює гідромеханічні аналоги перебігу перехідних процесів.

Вакуумування рідинних середовищ або вологонасиченої продукції за рахунок взаємозв'язку між тисками і температурами кипіння рідинних фракцій переводить вказані системи до порушення умов термодинамічної рівноваги і адіабатного утворення парової фази. Це дозволяє вакуумні технології віднести до дискретно-імпульсних методів оброблення середовищ. Однак вони також мають за важливу перевагу можливість ведення масообмінних процесів і процесів деструкції клітинних і міжклітинних структур в умовах обмежених температурних режимів.

Доповнення вакуумного оброблення фруктово-ягідної сировини осмомолекулярною дифузєю з підвищенням осмотичних тисків середовищ дозволяє отримати продукцію довготермінового зберігання без руйнівних теплових впливів. Це відкриває нові можливості у виробництві якісних соків, напоїв, продуктів дитячого харчування тощо.

У зв'язку з викладеним перехідні процеси розглядаються як потужні заходи інтенсифікації масо- і енергообмінних процесів у вказаних технологіях. Такий підхід визначив необхідність розширення стосовно них теоретичної бази для оцінки перспектив і можливості реалізації новітніх розробок і їх промислового використання.

Дисипативні властивості газорідинних систем суттєво обмежують ефекти механічного перемішування, накладання пульсацій тощо. Відступ від локальних енергетичних втручань забезпечується саме за рахунок змін зовнішніх тисків над газорідинними середовищами, які розповсюджуються на їх повний об'єм. При цьому і приріст тиску і його зниження є ефективними перехідними процесами, перебіг яких супроводжується пульсаціями газової фази, зміною і оновленням міжфазної поверхні, інтенсифікацією масообміну.

Узагальнення теоретичних і експериментальних досліджень, які стосуються гідродинаміки об'ємних газорідинних систем, вказують на існування значної диспропорції в значеннях відносної (відносно рідинної) і абсолютної швидкості газової фази за масового барботажу.

Якщо швидкість вільного спливання газових бульбашок у воді складає 0,25–0,3 м/с, то абсолютна швидкість досягає значень 0,6...0,8 м/с. Оскільки абсолютна швидкість визначається сумою відносної і швидкості рідинної фази в утворюваних циркуляційних контурах, то це дозволяє оцінити впливи таких вертикальних контурів на утримувальну здатність газорідинних систем по газовій фазі. Очевидно, що подібне прискорення газової фази суттєво обмежує міжфазну поверхню і масообмін між фазами. Разом з тим, формування вертикальних циркуляційних контурів є наслідком усталених режимів барботажу і гідродинаміки системи.

Саме тому від початку подавання газової фази в рідинну і до моменту виходу на поверхню останньої має місце найбільший рівень набухання газорідинного середовища, якому відповідає найбільша для неї газотримувальна здатність. Це означає, що перехідний процес формування динамічного газорідинного шару і циркуляційних контурів характеризується помітно кращими умовами масообміну.

Для дріжджовирощувальних апаратів ВДА-100 та ВД2А-100 при об'ємі рідинної фази 70 м³ і подаванні повітря біля 2 м³/с різниці висот набухлого шару суміші в перехідному і усталеному режимі складала до 0,7...0,8 м.

При площі поперечного перерізу апарата 20 м² це еквівалентно збільшенню утримувальної здатності на 14...16 м³, що визначає перспективу переведення аерації дріжджовирощувальних апаратів в режим перехідних процесів.

Хімічні, біохімічні і мікробіологічні процеси також характеризуються наявністю перехідних і усталених режимів їх перебігу. На підтвердження такого положення достатньо нагадати про взаємозв'язок швидкості їх протікання з температурою в умовах ендотермічних та екзотермічних реакцій, про впливи температур на розчинність газів, рідин та хімічних з'єднань,

про існування лаг-фази в динаміці нарощування біомаси мікроорганізмів тощо. Зміна концентрації діоксиду вуглецю в процесах зброджування вихідної сировини у виноробстві, виробництві пива, спирту, шампанського, мінеральної води, газованих напоїв також є перехідним процесом, який крім чисто хімічних показників має ознаки енергетичного процесу. Відомо, що рівень розчинності газів в рідинних середовищах залежить від температури і величини парціального тиску (закон Генрі). Оскільки процеси бродіння супроводжуються синтезом діоксиду вуглецю, то у герметизованих об'ємах рідинної фази має місце нарощування потенціальної енергії розчиненого CO_2 . Різка розгерметизація таких систем за рахунок зниження тиску приводить газорідну суміш у метастабільний стан. За своїми фізичними наслідками останній близький до того, що має місце в умовах адіабатного кипіння.

Висновки. 1. У зв'язку з високою розчинністю діоксиду вуглецю і його інертними властивостями можливо прогнозувати перспективи використання технологій на цій основі в різних галузях харчової промисловості.

2. Створення умов існування перехідних процесів стосовно гідромеханічних або гідродинамічних систем відбувається за рахунок перерозподілу рівнів їх кінетичної і потенціальної енергії, що власне відображується рівняннями Бернуллі, Ейлера, Нав'є-Стокса.

3. Найбільш відчутним проявом з числа перехідних процесів є гідравлічний удар, який у більшості оцінюється негативним явищем. Однак саме ударні явища все частіше потрапляють в зону уваги сучасних дослідників.

4. Продовжуються активні спроби використання в харчових технологіях електрогідравлічного удару, електричних розрядів в середовищах рослинного походження з метою досягнення електроплазмолізу. Імпульсні режими цих технологій також переводять їх до числа інноваційних пошуків.

5. Логіка створення інноваційних систем інтенсивного енерго- і масообміну потребує присутності і накопичення енергетичних потенціалів в середовищах з наступним імпульсним їх використанням з трансформацією до механічних впливів. В анаеробних бродильних технологіях існує можливість створення трьох видів енергетичних потенціалів на основі вторинних енергетичних ресурсів з можливістю їх трансформації в механічні впливи.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

А.И. Соколенко, д-р техн. наук

Национальный университет пищевых технологий

Изложена информация по совокупности направлений в применении инновационных технологий применительно к пищевым производствам. Задачей таких технологий определено максимально возможное использование энергетических и материальных ресурсов перерабатываемых сырьевых потоков. трансформации последних происходят за счет внешних энергетических воздействий с одновременным образованием вторичных энергетических ресурсов. Их накопление является первым этапом переходных процессов. На втором этапе реализуется стремительный переход к новому термодинамическому состоянию в импульсном режиме с фазовыми переходами в сопровождении явлений кавитации. Именно последние являются возбудителями гидродинамического состояния среды и интенсивного массообмена.

Показана целесообразность углубленного использования энергетических потенциалов анаэробных бродильных сред в форме переменных показателей газоудерживающей способности, кинетической энергии циркуляционных контуров и повысотных градиентов растворенного CO_2 .

Ключевые слова: технология, инновация, трансформация, массообмен, потенциал, вторичные ресурсы, давление, температура, термодинамика.

AROMATIZATION OF TEMPURA PRODUCTS

G. Dubova*Poltava University of Economics and Trade***I. Levchuk, O. Golubets***SE «Ukrmetr test standard»***Key words:**

melon,
aroma,
carbohydrates,
binding, protein,
tempura,
kidney bean,
chick-pea

Article history:

Received 10.07.2014

Received in revised form
4.11.2014

Accepted 9.11.2014

Corresponding author:

gdubova@mail.ru

ABSTRACT

This article describes interaction of aromatic components with proteins and carbohydrates in a food matrix. The study shows that mincing of larger slices into homogenates decelerates aroma destruction due to intensification of enzymatic reactions. We studied carbonyl compounds responsible for fresh melon aroma and the degree of their breakage during 2 days with an interval of 12 hours controlled by the degree of melon mincing and combination with legumes. The analysis of steam experiments conducted on the HP 6890 (Hewlett Packard) chromatograph demonstrates participation of amino acids in aroma recovery of mixed melon-legumes homogenates within 48 hours.

The article further describes the results of empirical study of linkage between tempura batter recipe and resulting aromas in the end products. It is shown that a wheat flour, unlike tempura flour, has smaller reactionary ability in the processes of retaining aromatic components. The organoleptic estimation and prevailing descriptors of separately fried batter as well as squash and pumpkin fried in various batter show that a melon homogenate has a certain influence on the end aroma of the prepared products.

АРОМАТИЗАЦІЯ ТЕМПУРНИХ ПРОДУКТІВ

Г.Є. Дубова, канд. техн. наук*Полтавський університет економіки та торгівлі***І.В. Левчук, канд. техн. наук, О.В. Голубець, канд. с.-г. наук***«ДП Укрметртестстандарт»*

Розглянуті взаємодії ароматичних компонентів з білками, вуглеводами в харчовій матриці. Спрогнозована участь амінокислот в реакціях руйнування і відновлення аромату. Підтверджено хімічним аналізом можливості зв'язування бобовими культурами карбонільних сполук діні.

Представлені результати емпіричних зусиль внесення ароматів в темпурні продукти.

Ключові слова: диня, аромат, вуглеводи, зв'язування, білок, темпура, квасоля, нут.

Вступ. Серед продуктів харчування традиційно представляють інтерес обсмажені тонкі, соковиті і хрусткі шматочки риби, морепродуктів, овочів, фруктів із збереженням по можливості вишуканим початковим смаком. Особлива технологія приготування таких продуктів передбачає використання спеціального борошна, яке складається з пшеничного, рисового борошна, картопляного крохмалю, солі і називається темпура. Важливо, щоб після смаження в гарячій темпурі залишилися повітряні бульбашки, тому темпурний кляр готують досить рідкої консистенції з крижаної води, борошна та яєць.

Аромат темпурних продуктів, як правило, пов'язують з компонентами рідкого тіста. Дуже часто повітряні бульбашки темпурних продуктів заповнюються ароматом продукту. Тому неароматні продукти або з малознайомим запахом рідко використовують для приготування в темпурі. Таке обмеження можна пояснити також тим, що компоненти темпурного борошна можуть вступати у взаємодію з ароматичними сполуками продукту і фіксувати їх. Такими властивостями

володіють великі вуглеводні молекули — утворюючи плівку навколо ароматичних речовин, вони перешкоджають їх випаровуванню абсорбції та окисленню, тобто втратам. Здатність до зв'язування ароматичних речовин у дисахаридів виражена більшою мірою, ніж у моносахаридів. Сутність збереження ароматичних речовин за допомогою вуглеводів полягає в заміні взаємодій [1]:

цукор-вода + ароматична речовина → цукор-ароматична речовина + вода

Вуглеводи не тільки володіють хорошими властивостями зв'язування та утримування ароматичних речовин в ході переробки, а й беруть участь в реакціях утворення нових компонентів запаху при термічній обробці, які називають реакціями неферментативного потемніння.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Створення високоякісного аромату харчових продуктів, особливо із зміненою рецептурою, залежить від швидкості вивільнення окремих ароматичних хімічних сполук з різних харчових матриксів. Досі нових відкриттів в області вивільнення ароматичних сполук не з'явилося, що свідчить про необхідність застосування інших підходів в цьому питанні [2]. Сучасні дослідження в галузі хімії аромату доводять, що найбільш інтенсивним запахом володіють альдегіди. Відповідні їм кислоти, спирти, ефіри мають запах, в десятки і сотні разів більш слабкий, навіть при рівних порогових концентраціях. Інтенсивність запаху зростає із збільшенням довжини вуглецевого ланцюга, досягаючи максимуму у речовин C_8-C_{10} [3]. Тому актуальним питанням є аналіз зміни альдегідного складу аромату і його органолептична оцінка.

Плоди дині відносяться до групи рослин, в яких велика частина запашних речовин представлена альдегідами і кетонами, такими як (Z, Z)-3,6-нонадієнол (поріг сприйняття у воді 10 ppb), (Z)-6-ноненаль (поріг сприйняття у воді 0,02 ppb). У свіжих плодах вміст цих компонентів в кілька разів перевищує порогові сприйняття [3]. Раніше нами було показано, що білки бобових культур здатні до зв'язування ароматичних компонентів дині і кавуна. Особливо така здатність була виражена у нуту (турецький горох) і квасолі [4]. Разом з тим, нами було встановлено, що білки нуту і квасолі володіли не схожою спорідненістю до зв'язування ароматичних речовин дині. Різні утримування і вивільнення окремих ароматичних сполук необхідно враховувати при переробці плодів і складанні нової рецептури для максимального збереження свіжого запаху.

Аромат, як і солодкість, є найбільш важливим якісним показником в дині. Основними попередниками легких компонентів аромату дині є вільні амінокислоти, що додають також їм смак (Уіллі та ін, 1995; Байчот та ін, 1998). У свіжій дині ідентифіковано 18 амінокислот, з домінуючими аспарагіноювою кислотою, глутаміноювою кислотою, аргініном, і аланіном. Ламікарна О. і співавтори (2000) показали, що загальний вміст амінокислот свіжозрізаної дині швидко зменшується при 20 °C [5]. У цих дослідженнях автори порівнювали біохімічні та мікробіологічні зміни, які відбуваються при зберіганні при 4 °C, 20 °C. Зміна ароматичних компонентів в дині при вказаних параметрах не вивчена.

Ароматичні сполуки в харчових продуктах пов'язані з білками, ліпідами або полісахаридами. Зв'язок між ними забезпечується гідрофобними взаємодіями, а також водневими, іонними або ковалентними зв'язками. Опубліковано досить багато робіт про зв'язування спиртів, альдегідів, кетонів та інших легких сполук різними білками, особливо соєвими і молочними [6]. Багато закономірностей взаємодії «білок-аромат» розглянуті на соєвих білках. Взаємодія між білком і ароматичним компонентом перебуває під впливом таких факторів: тип і кількість білка (амінокислотний склад), види ароматичних компонентів, наявність інших харчових компонентів, вид обробки, час і температура (утворення потрійний структури під впливом нагрівання), іонна сила (вплив солей), рН (іонна форма і конформації) [6]. Ступінь зв'язування аромату залежить від типу і кількості білка, наприклад, спостерігається наступний порядок: соєвий білок > желатин > овальбумин > казеїн > кукурудза.

Нативні квасолі і нуту мало вивчені з точки зору здатності до зв'язування ароматичних речовин. Відомо, що в нуті міститься 17 амінокислот, у тому числі 9 незамінних, серед яких переважають лейцин (0,47 мг) та лізин (0,77 мг). Серед замінних амінокислот домінують глутамінова (0,85 мг) і аспарагінова (0,83 мг) кислоти, гліцин (0,37 мг) і аланін (0,34 мг), вміст яких в нуті більший ніж в інших бобових культурах. Серед незамінних амінокислот квасолеві боби містять, у %: валіну 1,12, лейцину 1,74, лізину 1,59, фенілаланіну 1,15. Замінні амінокислоти представлені більшою мірою глутаміноювою і аспарагіноювою кислотами, аргініном, серином [7]. Крохмаль, що міститься в нуті та квасолі, також може сприяти накопиченню ароматичних компонентів у готовому продукті.

Мета і завдання дослідження. Розуміння механізму взаємодії ароматичних компонентів з білками і вуглеводами при виробництві продуктів є досить важливим. Пов'язані з білками і вуглеводами ароматичні речовини виявляють свої властивості тільки при їх вивільненні в спеціальних умовах (нагрівання, розпилювання, в ротовій порожнині і ін.), тому темпурні продукти особливо значущі з цієї точки зору. Використання бобових культур в якості носіїв ароматичних речовин або модифікаторів смаку є перспективним. Мета роботи — визначення здатності зв'язування ароматичних сполук дині за допомогою квасолі і нуту і подальше вивільнення пов'язаних запахів в темпурних продуктах. Завдання дослідження сформульовані наступним чином:

- встановити залежність між процесами руйнування свіжого аромату подрібненої дині і зниженням вмісту амінокислот в ній;
- показати спорідненість до зв'язування карбонільних (ароматичних) компонентів бобовими (квасолі, нут) культурами;
- провести органолептичний аналіз зміни ароматичних компонентів в темпурних продуктах з різним вмістом білків та вуглеводів.

Матеріали і методи. У дослідженнях використовували диню, нарізану скибочками 3 мм або гомогенат дині, який готували таким чином: свіжу диню очищали від шкірки, видаляли насіння, нарізали шматочками, ретельно подрібнювали в блендері (окремо або з бобовими). Нут і квасолі перебирали, промивали, замочували у воді на 4 години, потім відварювали (співвідношення боби: вода 1:3) протягом 2 год при температурі кипіння, зливали залишок води, охолоджували, подрібнювали в блендері з динєю або окремо.

Кількість альдегідів і кетонів оцінювали за розробленою методикою, яка заснована на реакції карбонільних сполук (КС) в паровій фазі з 1% спиртовим розчином 2,4-дінитро-фенілгідразину. Визначали спектри поглинання світлових хвиль розчину на 490 нм в фотоколориметрі. Знаходили концентрацію карбонільних сполук C_6 — C_9 в парах продукту рослинного походження за попередньо збудованим градувальними графіками [8].

Аналіз парової фази проводили на хроматографі HP 6890 (Hewlett Packard) з парофазним аналізатором HP 7694, колонка капілярна, Factor Four vf-5 ms (Varian), 30 м × 0,32 мм, товщина фази 0,25 мкм, газ-носіє — гелій, швидкість потоку газу-носія: 1мл/мін, термостат колонок: 50 °C — 5 хв, 5°/хв — 220 °C — 5 хв, 25°/хв — 320 °C — 2 хв, інжектор 250 °C, без поділу потоку. Детектор (ПІД) 300 °C. Умови парофазного аналізу: температура термостату 80 °C, час утворення парової фази — 30 хв, об'єм інжекції — 1 мл.

Експериментальні дані та їх обробка. Основними попередниками легких ароматичних сполук вважають поліненасичені жирні кислоти цитоплазматичних мембран, амінокислоти, вуглеводи та інші клітинні компоненти [6]. Згідно з дослідженнями О. Ламікарна і співавторів, особливість складу свіжих нарізаних скибочками 3 мм плодів дині полягає в тому, що після 2 діб зберігання при температурі 20 °C загальний вміст амінокислот знижується приблизно на 40 % [5]. У цих дослідженнях встановлено, що найбільш значні втрати протягом перших 2 діб були аспарагінової кислоти, глутамінової кислоти, аспарагіна, серину і глутаміну. Інші амінокислоти, включаючи аргінін, гістидин, пролін, фенілаланін також зменшувались в дині при температурі 20 °C, але в меншому ступені. Втрата розчинних сухих речовин при таких умовах становила 17 %, а вміст цукрів практично не змінювався. У зв'язку з такими літературними даними, можливо встановити залежність між зміною ароматичних компонентів і амінокислотного складу дині. Для цього досліджували ступінь руйнування карбонільних сполук, найбільш відповідальних за свіжий аромат дині, протягом 2 діб при температурі 20 °C, з інтервалом 12 годин, різного ступеня подрібнення дині і в поєднанні з бобовими (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст масової частки карбонільних сполук, % в 100 г

Найменування зразків	Час, годин			
	12	24	36	48
Диня, нарізана скибочками	0,087	0,050	0,035	0,020
Гомогенат дині	0,097	0,070	0,060	0,053
Гомогенат бобових	0,012	0,012	0,010	0,010
Гомогенат дині з квасолею	0,100	0,095	0,082	0,075
Гомогенат дині з нутом	0,110	0,110	0,100	0,088

Протягом 2 діб найбільші втрати карбонільних сполук, спостерігалися в зразках подрібнених скибочками. Ці втрати склали від початкової кількості 77 %. У гомогенаті дині

втрата менше, складають 45 %, що пояснюється значним вивільненням клітинних ліпоксигеназ, що беруть участь у відновленні втрачених ароматів [2, 6]. Вміст ароматичних компонентів карбонільної групи в гомогенаті бобових і їх подальше руйнування протягом 48 годин є мінімальним. Динаміка зниження концентрації карбонільних сполук у зразках дині з бобовими має певні відмінності, хоча в цілому зменшення концентрації становить 20—25 %. Зразки з нутом в 1, 2 рази більше містять ароматичних сполук через 48 годин, ніж з квасолею. Оскільки амінокислотний склад нуту і квасолі відрізняється, очевидно, що участь амінокислот має важливе значення в утриманні свіжого аромату дині.

Порівняння ароматичних компонентів у системі гомогенатів «диня-бобові» на хроматографі підтверджує різний ступінь участі амінокислот у відновленні ароматичних компонентів через 48 годин (рис. 1, 2).

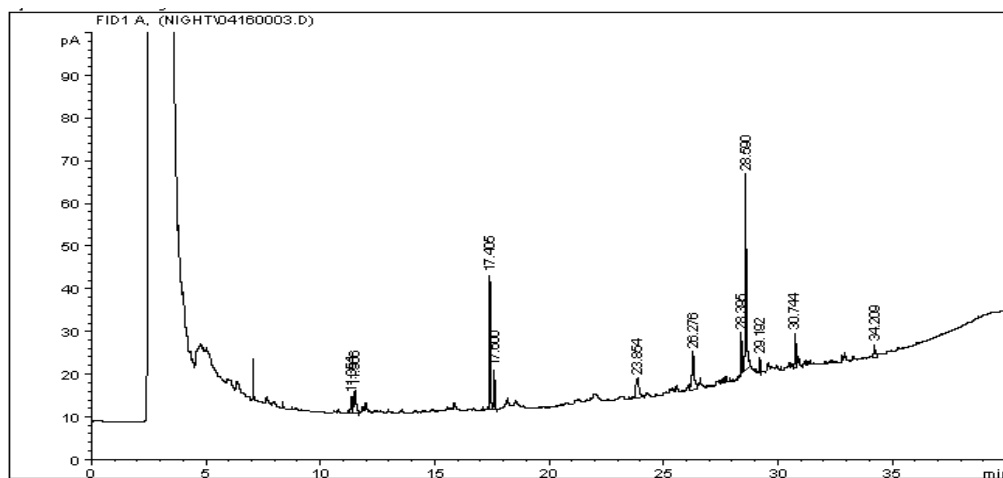


Рис. 1. Хроматограма парової фази комплексу «диня-нут»

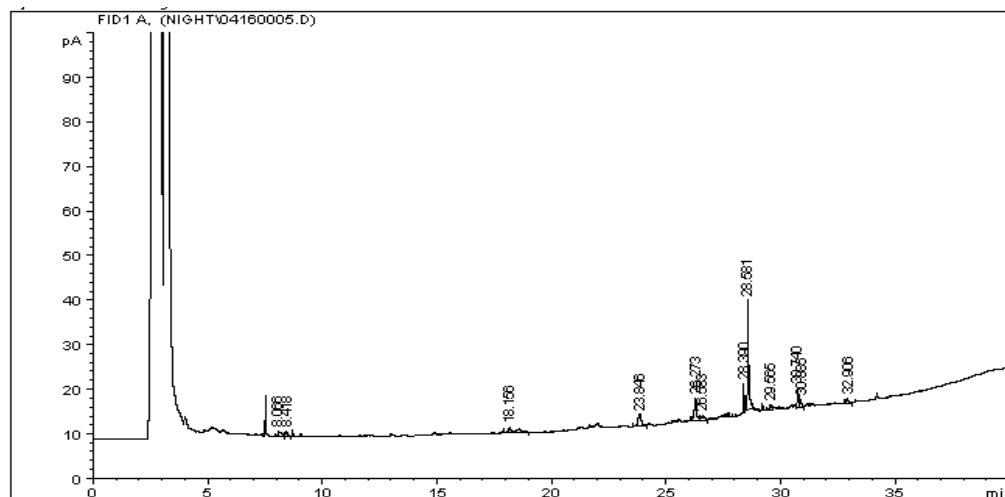


Рис. 2. Хроматограма парової фази комплексу «диня-квасоля»

Концентрація сполук у вільному газовому просторі над продуктом свідчить, що

спорідненість до зв'язування карбонільних (ароматичних) компонентів бобовими (квасоля, нут) культурами проявляється по-різному. Аналіз піків показав, що наонадієнол зберігся в обох зразках, хоча з квасолею в меншій мірі, а ноненаль, оксононеньаль і наонадієненьаль були присутні значною мірою тільки в зразках з нутом. Супутні компоненти аромату дині як бутилацетат, ізопропілацетат, метілпропіонат, етілгексаноат, етілпропіонат мали приблизно рівну концентрацію в зразках з бобовими.

Участь амінокислот у збереженні та відновленні свіжого аромату дині шляхом компенсації їх з гомогенатів бобових підтверджується дослідями з модельними зразками. У гомогенат дині після 48 годин зберігання при 20 °С додавали 5 % розчини аспаргінової кислоти, глутамінової кислоти, аргініну і аланіну. Встановлено, що аспаргінова і глутамінова кислоти найбільш важливі, з точки зору відновлення втрачених ароматів свіжої дині. Відомо, що результати дослідження модельних систем не переносять на реальні харчові продукти, тому цілком можливо, що інші амінокислоти також відіграють важливу роль у процесах ароматизації.

Амінокислоти і велика частина ненасичених карбонільних сполук руйнуються при нагріванні, тому зміна аромату темпурних продуктів вказує на їх роль у процесах ароматизації. З цією метою в рецептурі темпурного кляра 20 % темпурного борошна було замінено гомогенатом дині з бобовими (співвідношення 1:1) і окремо підготовленими тонкоподрібненими нутом і квасолею. Термічний обробці піддавали кабачки і гарбуз, нарізані скибочками 4—5 мм, які умочували в кляр і смажили в глибокій сковороді з нагрітою дезодорованою кукурудзяною олією. Особливість кабачків і гарбуза полягає у відсутності приємного ароматного запаху після нагрівання. Аналіз аромату готових продуктів проводили органолептичним методом після охолодження до кімнатної температури (табл. 2). Крім того, підготували зразки для аналізу у вигляді обсмаженого кляру з темпурного борошна без продукту і класичного кляру тільки з пшеничного борошна.

Таблиця 2. Основні аромати обсмажених продуктів

Компоненти рідкого тіста	Продукт в темпурному клярі		Кляр (без продукту)	
	Кабачок	Гарбуз	Темпурний	Класичний
Нут-диня	Свіжий	Огірковий	Огірковий	Бобовий
Нут	Попкорн	Бобовий	Горіховий	Горіховий
Квасоля-диня	Яблучний	Фруктовий	Фруктовий	Бобовий
Квасоля	Попкорн	Картопляний	Хлібний	Хлібний

Органолептична оцінка і переважаючі дескриптори окремо обсмаженого кляру, кабачків і гарбуза показує, що гомогенат дині в рецептурі рідкого тіста певним чином впливає на кінцевий аромат продукту. Це можна пояснити тим, що ароматичні компоненти гомогенатів дині зв'язуються крохмалем, який входить до складу темпурного борошна, нуту і квасолі. Типовою для процесу обсмажування є реакція Майяра, компоненти якої беруть участь в утворенні піразинів. Звідси поява огіркового аромату, якому відповідають компоненти: 2-вторбутил-3-метоксіпіразин, 2-ізопропілпіразин, гексаналь, гексеналь, ноненаль, наонадієненьаль. У яблучному і фруктовому ароматах присутні гексаналь, гексеналь, бутилацетат, гексенілацетат, гексенілбутірат, пропілбутірат, бензальдегід, які є результатом реакцій ізомеризації вихідних компонентів гомогената дині і продуктів термообробки.

Відмінні властивості крохмалю в класичному клярі полягають в тому, що він має меншу спорідненість до зв'язування аромату дині. Тому і при обсмажуванні в ньому кабачків і гарбуза, зберігається малоприємний комплекс запахів. Амінокислоти квасолі і нуту призводять до утворення практично однакових ароматів в готовому клярі з темпурного борошна і пшеничного. Тому можна зробити висновок, що збільшення концентрації амінокислот у реакції Майяра дає можливість моделювати аромат готового кляру в межах дескрипторів «хлібний», «горіховий», «попкорн».

Висновки. Встановлено залежність між зменшенням вмісту амінокислот і аромату в подрібнених плодах дині. Показано, що більш тонке подрібнення призводить до меншої інтенсивності руйнування аромату за рахунок протікання ферментативних реакцій, які здатні відновлювати ароматичні сполуки. Відновлювальними властивостями володіють амінокислоти нуту, які надають продукту свіжий аромат протягом 48 годин. Продукти з іншим амінокислотним складом, наприклад, квасоля, володіє такими властивостями в меншому

ступені. Основні компоненти запаху утримуються не тільки завдяки необхідному амінокислотним набору, але і крохмалю. Пшеничне борошно, на відміну від темпурного, має меншу реакційну здатність у процесах утримання ароматичних компонентів. Компоненти темпурного борошна і гомогенат дині розширюють можливість вивчення процесів зв'язування ароматів в системі «вуглеводи-амінокислоти».

Смачні японські страви, як суші, роли, гункани, оригінальні східні салати, можливо модифікувати в українській кухні. Завдяки спеціальному темпурному кляру, кожен продукт, незважаючи на термічну обробку може володіти завідомо відомими дескрипторами і приємним запахом. Взаємодія продуктів реакції Майяра з ароматичними компонентами і їх попередниками становить науковий інтерес у питаннях формування запаху термічно оброблених продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нечаев, А.П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др. [под ред. А.П.Нечаева. Издание 4-е, испр. и доп.]. — СПб.: ГИОРД, 2007. — 640 с.
2. Damodaran, S., Parkin, K. L. Fennema's food chemistry / S. Damodaran, K.L. Parkin // Boca Raton. — FL: CRC press., 2008. — (Vol. 4).
3. Смирнов, Е.В. Пищевые ароматизаторы. Справочник / Е.В. Смирнов. — СПб.: Издательство «Профессия», 2008. — 736 с.
4. Дубова Г.Е. Бондаренко Я.Ю. Спосіб отримання солодкого супу «Тропічна лагуна» із збереженням натурального аромату» / Г.Е. Дубова, Я.Ю. Бондаренко [Пат. на корисну модель 67712 МПК A23L 1/39 заявник і патентовласник ПУЕТ]. — № u2011 04409 заявл.11.04.11; опубл. 12.03.12, Бюл. № 5.
5. O. Lamikanra Biochemical and Microbial Changes during the Storage of Minimally Processed Cantaloupe / O. Lamikanra, J. C. Chen, D. Banks, and P. A. Hunter. // J. Agric. Food Chem. — 2000. — 48. — P.5955-5961.
6. DeMan, John M. Principles of food chemistry / DeMan John M. -Springer, 1999. — 460 p.
7. Химический состав пищевых продуктов / Под ред. проф., д.т.н. И.М. Скурихина, проф., д.мед.н. М.Н. Волгарева. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 360 с.
8. Пат. на корисну модель 78188 МПК G01N 33/48. Дубова Г.Е., Овчинікова С.О. Спосіб визначення карбонільних сполук в паровій фазі харчового продукту / заявник і патентовласник ПУЕТ. — № u 201210608 за-явл.10.09.12; опубл. 11.03.13, Бюл. № 5.

АРОМАТИЗАЦИЯ ТЕМПУРНЫХ ПРОДУКТОВ

Г.Е. Дубова

Полтавский университет экономики та торговли

И.В. Левчук, О.В. Голубець

«ГП Укрметртестстандарт»

Рассмотрены взаимодействия ароматических компонентов с белками, углеводами в пищевой матрице. Спрогнозировано участие аминокислот в реакциях разрушения и восстановления аромата. Подтверждены химическим анализом возможности связывания бобовыми культурами карбонильных соединений дыни. Представлены результаты эмпирических усилий внесения ароматов в темпурные продукты.

Ключевые слова: дыня, аромат, углеводы, связывание, белок, темпура, фасоль, нут.

NUTRITIONAL VALUE OF SHCHAVNAT

S. Bazhay-Zhezherun*National University of Food Technologies***D. Rakhmetov***M.M. Gryshko National Botanic Garden***Key words:**

shchavnat (*Rumex patientia* L.Ч *Rumex tianschanicus* Losinsky), essential amino acids, vitamins, biological value, natural sorbents food, wellness products

Article history:

Received 2.07.2014

Received in revised form

22.10.2014

Accepted 19.11.2014

Corresponding author:

lananew_1@ukr.net

ABSTRACT

Schavnat — new hybrid culture, multi-purpose, based on *Rumex patientia* L.Ч *Rumex tianschanicus* Losinsky The National Botanical Garden. M.M. Grishko National Academy of Sciences of Ukraine. Schavnat used as food, energy, food and medicinal plant.

The content of total amount of amino acids and all the essential amino acids of shchavnat grade Kyiv ultra has been investigated. Analysis of biological value protein of schavnat shown that it is almost balanced by the amino acid composition, amino acid isoleucine is limited and valine. Protein schavnatu contains a significant amount of arginine and histidine, amino acids that are essential for children.

The contents of vitamins-antioxidants and natural food sorbents in shchavnat have been determined. Studied that fiber schavnatu with average ability to bind water (7 g water / g fiber).

It is proved that shchavnat is a valuable source of proteins and essential amino acids.

ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ЩАВНАТУ

С.А. Бажай-Жежерун, канд. техн. наук*Національний університет харчових технологій***Д.Б. Рахметов, д-р с.-г. наук***Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України*

Визначено вміст загальної суми амінокислот та всіх незамінних амінокислот щавнату (*Shchavnat*, *Rumex patientia* L.Ч *Rumex tianschanicus* Losinsky). Розрахунковим методом проаналізовано біологічну цінність білків щавнату. Визначено вміст вітамінів-антиоксидантів та природних харчових сорбентів у щавнаті.

Доведено, що щавнат є цінним джерелом білкових речовин і незамінних амінокислот, вітамінів та природних харчових сорбентів. Застосування щавнату під час створення харчових продуктів оздоровчого призначення дозволить збагатити їх вітамінний та амінокислотний склад, підвищити біологічну цінність.

Ключові слова: щавнат (*Rumex patientia* L.Ч *Rumex tianschanicus* Losinsky), незамінні амінокислоти, вітаміни, біологічна цінність, природні харчові сорбенти, оздоровчі продукти.

Вступ. Розроблення нових продуктів оздоровчого спрямування передбачає розширення сировинної бази, використання вторинних ресурсів харчової промисловості. Актуальним є застосування нетрадиційних видів сировини, яка містять значну кількість біологічно активних речовин, це дає можливість створювати функціональні продукти з високою харчовою цінністю.

Під час створення харчових композицій велика увага приділяється білковому, вітамінному та мінеральному складу вихідної сировини.

Білки є найбільш важливими у біологічному відношенні з усіх органічних речовин, які входять до складу живих організмів. Вони складають приблизно 20 % маси тіла людини і більше 50 % сухої маси клітини. У харчуванні людини білки відіграють надзвичайно велику роль, оскільки є основною складовою частиною всіх органів і тканин організму. Споживання білків необхідне для підтримання стабільності специфічних білків організму, які беруть участь

у важливих біохімічних процесах життєдіяльності. Харчові білки є джерелом не тільки незамінних амінокислот, а й біологічно активних пептидів [1].

Важлива не лише кількість білків у організмі людини, але і їх якість, тобто амінокислотний склад. Відсутність або недостатність тієї чи іншої незамінної амінокислоти призводить до негативного нітрогенного балансу, порушення важливих фізіологічних процесів: кровотворення, мінералізації кісток, функцій ендокринних залоз тощо. Спостерігаються такі хворобливі явища як загальна слабкість, дратівливість, запаморочення, порушення шкірної чутливості та пігментації волосся і шкіри, а в деяких випадках — відраза до їжі [2].

Для наукового обґрунтування рецептур оздоровчих харчових продуктів, оцінки їх біологічної цінності та рекомендацій щодо кількості споживання певним групам населення важливим є ступінь відповідності складу білків сировини «ідеальному білку» [1].

Вітаміни беруть участь у засвоєнні білків, жирів і вуглеводів, синтезі та функціонуванні ферментів, активізують обмін речовин, різні функції організму та його захисні реакції у несприятливих зовнішніх умовах, нервово-рефлекторну регуляцію. Вітаміни є ефективними для регулювання різних патологічних процесів. Нестача чи повна відсутність певного вітаміну в організмі спричиняє гіпо- чи авітаміноз, зумовлює порушення нормального функціонування організму.

Рослинна сировина є дуже цінною, оскільки в разі її споживання практично виключається можливість передозування вітамінів та виникнення побічних явищ, які можливі в разі споживання окремих синтетичних вітамінних препаратів у підвищених дозах [3].

Використання нових видів сировини, з високою харчовою цінністю, для розроблення продуктів оздоровчого спрямування є актуальним питанням.

Метою наших досліджень було вивчення харчової та біологічної цінності щавнату (*Rumex patientia* L. *Rumex tianschanicus* Losinsky) сорту Київський ультра, який є цінним джерелом білкових речовин вітамінів та природних харчових сорбентів.

Матеріали і методи. Під час проведення експериментальних досліджень використовували щавнат (*Rumex patientia* L. *Rumex tianschanicus* Losinsky), сорту Київський Ультра, отриманий з Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України.

Амінокислотний склад визначали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії згідно з методикою [4]. Визначення проводили на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339 виробництва «Мікротехніка», Чехія.

У процесі підготовки зразків до аналізу застосовували метод гідролізу хлористоводневою (соляною) кислотою. Для вимивання амінокислот використовували п'ять етапів зміни елюентів. Для реєстрації амінокислот у елюатах застосовували метод детекції нінгідрином.

Визначення масової частки клітковини базувалось на розкладанні всіх інших органічних речовин концентрованою азотною кислотою у суміші з оцтовою та трихлороцтовою кислотами [5].

Для визначення вмісту пектину використовували ваговий кальцієво-пектатний метод, який базується на гідролізі пектинових речовин до пектових кислот, їх осадженні у формі кальцієвих солей, висушуванні і зважуванні [6].

Визначення вітаміну С проводили титриметричним методом згідно з ГОСТ 24556–89. Метод ґрунтується на екстрагуванні вітаміну С розчином кислоти (соляної, метафосфорної чи сумішшю оцтової та метафосфорної) з подальшим титруванням візуально чи потенціометрично розчином 2,6-дихлорфеноліндіфеноляту натрію.

Вітамін РР визначали згідно з ГОСТ 30627.4–98. Метод ґрунтується на реакції, що відбувається у дві стадії: а) взаємодія піридинового кільця нікотинової кислоти з бромистим роданом; б) утворення забарвленої похідної глутаконового альдегіду. Інтенсивність забарвлення сполуки, що утворилась, прямо пропорційна масовій долі вітаміну РР, визначається колориметрично.

Каротин визначали згідно ГОСТ 8756.22–80. Метод ґрунтується на виділенні вітаміну А з речовин, що не омилуються, за допомогою адсорбційної хроматографії на оксиді алюмінію і подальшому колориметричному визначенні вітаміну А за його реакцією з трихлористою сурмою у хлороформі на ФЕК — 56 М, ($\lambda = 440$ нм).

Результати. Щавнат як нова гібридна культура, створена на основі *Rumex patientia* L. *Rumex tianschanicus* Losinsk, немає аналогів у світі та в Україні. Створення нової унікальної культури багатофункціонального призначення щавнату належить Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка Національної академії наук України. Щавнат використовується як харчова, енергетична, кормова та лікарська рослина.

Науковцями створено три сорти щавнату, які мають різне призначення. Сорт Румекс ОК-2 є овочево-кормовою культурою, сорт Бієкор-1, рекомендований як біоенергетична рослина,

сорт Київський Ультра — овочева культура, занесений в Державний реєстр сортів рослин України у 2006 році. Щавнат сорту Київський Ультра характеризується досить ранньою стиглістю — на початку першої декади квітня досягає періоду овочевого використання.

Особливо цінним у всіх сортів щавнату є високий вміст у листках аскорбінової кислоти та каротину [7].

З метою визначення повноцінності білків щавнату проведено дослідження вмісту загальної суми амінокислот та всіх незамінних амінокислот (табл. 1). Встановлено, що сума замінних амінокислот становить 14964 мг на 100 г сухих речовин щавнату; незамінних — 10117 мг / 100 г; тобто незамінні амінокислоти складають 40,33 % від загальної кількості амінокислот.

Таблиця 1. Амінокислотний склад щавнату, мг на 100 г СР продукту

№ п/п	Амінокислота	Кількість, мг	% до загалу	Добова потреба, мг
Незамінні				
1	Лізин	1617	6,45	3000—4000
2	Валін	1130	4,51	3000—4000
3	Ізолейцин	752	3,00	3000—4000
4	Лейцин	1921	7,66	5000—8000
5	Треонін	1107	4,41	2000—3000
6	Метионін	586	2,33	2500—3000
7	Фенілаланін	1427	5,69	2500—3000
8	Цистин	432	1,72	4000—5000
Замінні				
2	Гістидин	779	3,1	2000
3	Аргінін	1301	5,19	—
4	Аспарагінова кислота	1856	7,40	—
5	Серін	1317	5,25	—
6	Глутамінова кислота	5712	22,77	—
7	Пролін	1227	4,89	—
8	Гліцин	1283	5,12	—
9	Тирозин	1143	4,56	—
9	Аланін	1489	5,94	—

Рослини здатні синтезувати майже всі амінокислоти, а організм людини — лише частину, незамінні повинні надходити з харчовими продуктами, оскільки кожна з них виконує певну фізіологічну функцію.

Порівнюючи отримані результати щодо кількісного вмісту незамінних амінокислот у щавнаті та рекомендовані добові потреби в окремих незамінних амінокислотах [3], можна стверджувати, що включення цієї рослини чи продуктів на його основі до харчового раціону дозволить задовольнити значний відсоток добової потреби у більшості незамінних амінокислотах.

Аналіз біологічної цінності білків щавнату здійснювали методом скор та порівнянням з білком курячого яйця, який прийнято за ідеальний (табл. 2). Як свідчать результати розрахунків, білок щавнату є майже збалансованим, лімітованими є амінокислоти ізолейцин і валін (скор 75 % та 90 %).

Таблиця 2. Характеристики амінокислотного складу білків щавнату

Показник	Незамінні амінокислоти							
	Валін	Ізолейцин	Лейцин	Лізин	Метионін + цистин	Треонін	Триптофан	Фенілаланін + тирозин
Вміст НАК, мг/1 г білка (ідеальний білок, рекомендований FAO/WHO [1])	50	40	70	55	35	40	10	60
Вміст НАК, мг/1 г білка щавнату	45	30	76,3	64,4	40	40	9	102,6
Скор НАК білка курячого яйця	133,3	142,4	118,8	112,6	176,6	109,5	153,3	161,7
Скор НАК білка щавнату	90	75	109	117	116	110	95	171

Білки щавнату містять значну кількість аргініну та гістидину, амінокислот, які є незамінними для дитячого організму. Крім того, аргінін бере участь у зв'язках між нервовими клітинами, поліпшує пам'ять, підвищує бадьорість, знижує депресію; підвищує імунітет і резистентність до інфекційних захворювань та ранніх стадій канцерогенезу, швидкість загоювання ран, потенцію, стимулює сперматогенез, бере участь у знешкодженні аміаку в

організмі, підвищує синтез оксиду азоту [8]. Вміст аргініну та гістидину складає, відповідно, 1301 мг та 779 мг на 100 г сухих речовин щавнату.

Ентеросорбенти для очищення організму в значній кількості містяться у звичайних овочах і фруктах які ми часто споживаємо. Харчові волокна, які є комплексом структурних полісахаридів рослинної сировини, мають виражену сорбційну здатність і радіопротекторну дію, вони впливають на обмін речовин та необхідні для нормального функціонування травної системи і організму в цілому.

Основний компонент харчових волокон — клітковина. Вона підтримує нормальну мікрофлору товстого кишечника, підвищує адсорбцію мінеральних речовин у ньому, нормалізує вуглеводний та ліпідний обмін, справляє лікувально-профілактичну дію при цукровому діабеті та ожирінні.

Позитивний вплив харчових волокон при лікувально-профілактичному харчуванні осіб з захворюваннями кишечника пов'язують з високою водоутримувальною здатністю, яка залежить від ступеню гідрофільності та кількості біополімерів, що входять до складу харчових волокон, їх розмірів, характеру поверхні [9].

Нами досліджено вміст харчових волокон у щавнаті сорту Київський ультра та їх водоутримувальну здатність. Встановлено, що кількість клітковини у щавнаті складає 11,5 % на суху речовину; водоутримувальна здатність — 7,0 г води / г волокна.

Пектини здатні утворювати комплекси з токсичними речовинами, важкими металами та радіонуклідами і виводити їх з організму; у кишечнику чинять бактерицидну дію щодо хвороботворних бактерій, нормалізують кількість холестерину, підвищують стійкість організму до алергії, є високоефективними засобами при захворюваннях шлунково-кишкового тракту [6].

Досліджено вміст пектинових речовин у щавнаті — він складає 4,5 % на суху речовину. Вміст моно- та дисахаридів у щавнаті становить 1,8 % на суху речовину.

Визначено вміст вітамінів, які виявляють антиоксидантні властивості — вміст вітаміну С та β -каротину на суху речовину складає, відповідно, 950,0 мг% та 50,5 мг%. Встановлено, що щавнат містить флавоноїди, які також є потужними антиоксидантами; вміст нікотинової кислоти становить 7,5 мг%.

Висновки. Результати досліджень свідчать, що щавнат (*Rumex patientia* L.Ч *Rumex tianschanicus* Losinskye) є цінним джерелом білкових речовин та незамінних амінокислот. Щавнат містить значну кількість вітамінів, зокрема тих, що проявляють потужні антиоксидантні властивості. До складу щавнату входять природні харчові сорбенти — клітковина та пектинові речовини, які мають радіопротекторні властивості. Застосування щавнату для створення харчових продуктів оздоровчого та функціонального призначення дасть змогу збагатити їх вітамінний та амінокислотний склад, поповнити природними ентеросорбентами, підвищити харчову цінність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зубар Н.М. Основи фізіології та гігієни харчування: Підручник / Н. М. Зубар — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 336 с.
2. Дуленко Л.В. Харчова хімія: Навчальний посібник / Л.В. Дуленко, Ю.А. Горайнова, А.В. Полякова, В.Д. Малигіна та ін. — К.: Кондор, 2012. — 248 с.
3. Формазюк В.М. Энциклопедия пищевых лекарственных растений / под. ред. О.М. Максютин. — К.: Изд. А.С.К., 2003. — 792 с.
4. Козаренко Т.Д. Ионообменная хроматография аминокислот / Т.Д. Козаренко — Новосибирск : Наука, 2001. — 134 с.
5. Найченко В.М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів / В.М. Найченко — К.:ФАДА, ЛТД, 2001.— 211 с.
6. Донченко Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов / Л.В. Донченко. — М.: Дели. 2000. — 171 с.
7. Рахметов Д. Шавнат: и овощ, и корм и фитопливо / Д. Рахметов, С. Рахметова // Зерно. — 2011. — № 3. — С. 8—10.
8. Дмитренко Н.П. Аргинин: биологическое действие, влияние на синтез оксида азота / Н.П. Дмитренко, Т.О. Кишко, С.Г. Шандренко // Український хімотерапевтичний журнал — 2008. — № 1—2. — С. 137—140.
9. Щелкунов Л.Ф. Пищевые волокна / Л.Ф. Щелкунов, М.С. Дудкин — блокаторы и декорпоранты радионуклидов // Гигиена и санитария. — 1999. — № 2. — С. 40—44.

ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ЩАВНАТА

С. Бажай-Жежерун

Национальный университет пищевых технологий

Д. Рахметов

Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришка НАН Украины

*Определено содержание общей суммы аминокислот и всех незаменимых аминокислот щавната (*Shchavnat*, *Rumex patientia* L.4 *Rumex tianschanicus* Losinsky). Расчетным методом проанализирована биологическая ценность белков щавната. Определено содержание витаминов-антиоксидантов и природных пищевых сорбентов в щавнате.*

Доказано, что щавнат является ценным источником белковых веществ и незаменимых аминокислот. Применение шавната при разработке пищевых продуктов оздоровительного назначения позволит обогатить их витаминный и аминокислотный состав, повысить биологическую ценность.

Ключевые слова: *щавнат (*Rumex patientia* L.4 *Rumex tianschanicus* Losinsky), незаменимые аминокислоты, витамины, биологическая ценность, природные пищевые сорбенты, оздоровительные продукты.*

THE CYTOTOXIC EFFECT OF THE DRUG IZATIZON ON THE CULTURE OF HEK-293

O. Skrotska, N. Mikitenko

National University of Food Technologies

A. Potopalsky, L. Zaika, O. Balanova, T. Voloshchuk

Institute of Molecular Biology and Genetics

Key words:

Izatizon,
HEK-293,
MTT-test, cytotoxicity.

Article history:

Received 6.11.2014

Received in revised form

15.11.2014

Accepted 17.11.2014

Corresponding author:

skrotska@ya.ru

ABSTRACT

This work is devoted to study the cytotoxic effect of the drug izatizon on the culture of SOME 293. In the course of the studies used the drug izatizon at concentrations of 100, 10, 1 and 0.1 mg/ml, and cell culture Human Embryonic Kidney 293 cell (SOME 293) — tumor cells of the kidney of a human embryo, which grew on the environment DMEM with the addition of 10 % serum PAA. The analysis of the results of the MTT-test is performed by comparing the values of optical density in the experimental and control wells. As a result of the research it was found that investigated the drug has an effect on the investigated cell culture. It reduces cell viability of SOME 293 14.6 and 15.3 % at concentrations of the drug 10 and 100 µg/ml, while the concentration of 0.1 mg/ml almost no effect on the development of this cell line. Thus, we can conclude that the drug izatizon has a cytotoxic effect on the culture of SOME 293.

ЦИТОТОКСИЧНИЙ ВПЛИВ ПРЕПАРАТУ ІЗАТІЗОН НА КУЛЬТУРУ НЕК-293

О.І. Скроцька, канд. біол. наук, Н.С. Микитенко, студ.

Національний університет харчових технологій

А.І. Потопальский, Л.А. Заїка

О.І. Болсунова, канд. біол. наук

Т.П. Волощук, канд. хім. наук

Інститут молекулярної біології та генетики НАН України

Дана робота присвячена дослідженню цитотоксичної дії препарату ізатізон на культуру НЕК-293.

Дослідження проводили за допомогою МТТ-тесту з тривалості інкубації клітин з препаратом 24 години. В результаті проведених досліджень було встановлено, що досліджуваній нами препарат має вплив на досліджувану культуру клітин. Він знижує життєздатність клітин НЕК-293 на 14,6—15,3 % при концентраціях препарату 10 та 100 мкг/мл, а при концентрації 0,1 мкг/мл майже не впливає на розвиток даної клітинної лінії. Таким чином, можна зробити висновок, що препарат ізатізон володіє цитотоксичним впливом на культуру НЕК-293. Це дає можливість для проведення більш розширених досліджень даного препарату.

Ключеві слова: Ізатізон, НЕК-293, МТТ-тест, цитотоксичність.

Вступ. Однією з глобальних проблем людства є рак. Згідно статистики відомо, що у світі за останні 100 років за рівнем захворюваності та смертності онкопатологія перемістилася з десятого місця на друге, поступаючись лише хворобам серцево-судинної системи. За даними ВООЗ, щороку знову хворіють 10 млн. осіб. Як стверджує ВООЗ, смертність від раку до 2030 року зросте на 45 %, порівняно з рівнем 2007 року. За даними Інституту раку в 2009 році на обліку онкологічних установ складалося 961183 особи, з них 338 635 чоловіки і 622 548 жінки [4].

На даний момент в Україні з цією хворобою борються медики 46 лікувальних онкологічних закладів і Національного Інституту раку. Але не всі хворі можуть потрапити вчасно

на лікування, оскільки дефіцит лікарняних ліжок для онкохворих досягає в середньому по країні 29 % (офіційно). А рівень забезпеченості засобами для лікування онкохворих, вразуючи тих, що перебувають в лікарні, у більшості регіонів країни не перевищує 30 %, тому фінансовий тягар на придбання необхідних ліків лягає на плечі хворого та його родини [3].

Створення та дослідження вітчизняних препаратів нового покоління, які дозволяють лікувати вірусні захворювання та рак, при цьому не завдаючи шкоди організму-хазяїну, а також матимуть меншу вартість порівняно з зарубіжними препаратами дозволять вирішити цю проблему. До таких препаратів можна віднести ізатизон (комплексний препарат, що складається з метисазону, ДМСО та ПЕГ) [1], який використовують у ветеринарії. Проведення даних досліджень розширить можливість використання ізатизону у клінічній практиці.

Основний механізм дії даного препарату полягає в тому, що кожен із компонентів має певні фармакологічні властивості. Метисазон проявляє протівірусну дію шляхом пригнічення синтезу білків, із яких будується вірусна оболонка, крім того, даний компонент володіє проти раковою дією [1]. Диметилсульфоксид (димексид, ДМСО) є добрим розчинником, легко проникає у різні тканини тварин та рослин, використовується як консервант органів тварин, має ряд цінних фармакологічних властивостей, підвищує проникність клітинних мембран та бар'єрів, не пошкоджуючи їх. Він здатний до активного транспорту лікарських речовин, розчинених у ньому. Має широкий діапазон терапевтичного впливу завдяки протизапальній (антигістамінній), бактеріостатичній, фунгістатичній, анальгезуючій, діуретичній, радіо- і кріопротекторній, судинорозширюючій дії. Препарат має виражену десенсибілізуючу дію. При застосуванні в індуктивну фазу імуногенезу полегшує перебіг анафілактичного шоку. ДМСО потенціює дію стероїдів, гепарину, інсуліну, цитостатиків, а також підвищує резистентність тканин до гіпоксії [1]. Поліетиленгліколь-400 (поліетиленоксид, ПЕГ) використано як носій лікарських речовин. ПЕГ активніший, ніж жиринові основи, провідник лікарських компонентів через шкіряний бар'єр, його активність як провідника посилюється в умовах запалення. Йому властива певна бактерицидна дія [1].

Тому, дослідження цитотоксичного впливу такого препарату на культуру НЕК-293 дозволить розширити спектр використання препарату ізатизон, що є на сьогоднішній день актуально.

Мета. Мета даної роботи полягає у дослідженні цитотоксичного впливу препарату ізатизон на культуру НЕК-293

Матеріали і методи. Дослідження цитотоксичного впливу препаратів на культуру клітин Human Embryonic Kidney 293 cell (НЕК-293) — пухлинні клітини нирок ембріона людини, які вирощували на середовищі ДМЕМ з додаванням 10 % сироватки РАА. Дане дослідження проводили за допомогою МТТ-тесту з тривалості інкубації клітин з препаратом 24 години. Даний метод заснований на здатності мітохондріальних дегідрогеназ конвертувати водорозчинну сіль тетразолію 3-(4,5-диметил-2-тіазоліл)-2,5-дифенілтетразолію бромід (МТТ) у формазан [2]. Аналіз результатів МТТ-тесту проводять шляхом порівняння значень оптичної густини в дослідних і контрольних лунках. Величина оптичної густини корелює з кількістю живих клітин.

Результати та обговорення. У ході досліджень використовували препарат ізатизон у концентраціях 100, 10, 1 та 0,1 мкг/мл. Він являє собою маслянисту рідину, темно-жовтого кольору, гіркий на смак із специфічним запахом. При температурі — 10—15 °С застигає. Має антисептичні і протизапальні властивості. Не пригнічує кровотворення, не має кумулятивних властивостей. При застосуванні в індуктивну фазу імуногенезу зменшує прояви анафілактичного шоку, має властивість регулювати показники специфічної і неспецифічної резистентності при порушенні імунного статусу організму, впливаючи на підвищення активності систем інтерферону і фагоцитозу. Знижує тонус м'язів тонкої кишки, збільшує чутливість до ацетилхоліну і хлористого барію [1].

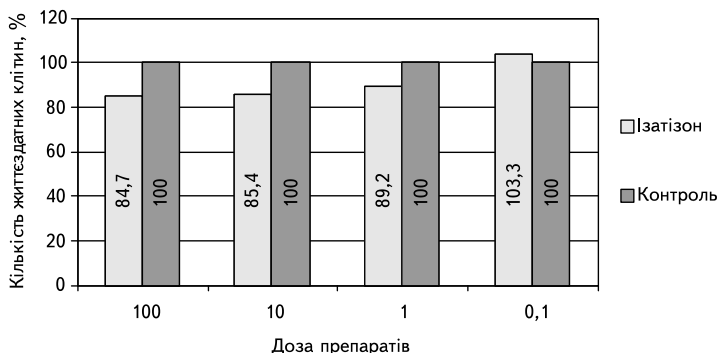
В ході експериментальних досліджень було встановлено, що досліджуваний нами препарат має вплив на культуру клітин НЕК-293 (табл.).

Таблиця. Вплив препаратів на життєздатність клітин лінії НЕК-293 за тривалості інкубації 24 години (за оптичною густиною)

Оптична густина при концентрації препарату мкг/мл	Препарат	
	Ізатизон	Контроль
100	137,33±7,42 (3,2)	162,2±2,48
10	138,5±1,5 (8,2)	
1	144,67±10,4 (1,6)	
0,1	167,5±0,5 (2,1)	

При перерахунку оптичної густини на відсоток життєздатності клітин культури НЕК-293 (рис), видно, що ізатизон знижує життєздатність клітин НЕК-293 на 14,6—15,3 % при

концентраціях препарату 10 та 100 мкг/мл, при концентрації 1 мкг/мл кількість життєздатних клітин даного мікроорганізму знизилась на 10 %, при концентрації 0,1 мкг/мл препарат майже не впливає на розвиток даної клітинної лінії.



Залежність кількості життєздатних клітин культури НЕК-293 від дози препарату

Висновки. Таким чином, можна зробити висновок, що препарат ізатизон володіє цитотоксичним впливом на культуру НЕК-293. Це дає можливість для проведення більш розширених досліджень даних препаратів. Крім того, існує припущення про те, що препарат володіє деякою протипухлинною активністю, яку необхідно вивчати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заїка Л.А. Протівірусні, протипухлинні та імунотропні властивості лікувального препарату Ізатизон: монографія / Заїка Л.А., Болсунова О.І., Потопальський А.І. — К.: Колоб'їг. 2010. — 212 с.
2. Культура животных клеток: практическое руководство / Р.Я. Фрешни; пер. 5-го англ. изд. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. — 691 с.
3. Плохотнюк Н. Рак — не вирок, головне — вчасно лікуватися // ХайВей. Тобі є що розповісти світові. — 2012. Режим доступу: h.ua/story/366280
4. Смирнова С. Статистика рака в Украине / С. Смирнова, О. Волик, К. Бурчина // Дар Янгола открой сердце — выбери жизнь! — Режим доступу: darjangola.org.ua/o-nas/statistika-raka-v-ukraine/.

ЦИТОТОКСИЧНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА ИЗАТИЗОН НА КУЛЬТУРУ НЕК-293

О.И. Скроцкая, Н.С. Микитенко,
Национальный университет пищевых технологий
А.И. Потопальский, Л.А. Заика,
О.И. Болсунова, Т.П. Волощук.
Институт молекулярной биологии и генетики

Данная работа посвящена исследованию цитотоксического действия препарата изатизон на культуру НЕК-293. Исследования проводили с помощью МТТ-теста по продолжительности инкубации клеток с препаратом 24 часа. В результате проведенных исследований было установлено, что исследуемый нами препарат имеет влияние на исследуемую культуру клеток. Он снижает жизнеспособность клеток НЕК-293 на 14,6–15,3 % при концентрациях препарата 10 и 100 мкг/мл, а при концентрации 0,1 мкг/мл почти не влияет на развитие данной клеточной линии. Таким образом, можно сделать вывод, что препарат изатизон обладает цитотоксическим влиянием на культуру НЕК-293. Это дает возможность для проведения более широких исследований данного препарата.

Ключевые слова: Изатизон, НЕК-293, МТТ-тест, цитотоксичность.

BIOCONVERSION OF SUNFLOWER OIL INTO SURFACTANTS OF *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 AND *NOCARDIA VACCINII* IMV B-7405

I. Pavlyukovets, L. Nikityuk, K. Beregovaya, T. Pirog
National University of Food Technologies

Key words:

Acinetobacter Calcoaceticus IMV B-7241,
Nocardia vaccinii IMV B-7405,
oil-containing substrate,
microbial surfactants

Article history:

Received 1.11.2014
Received in revised form
10.11.2014
Accepted 20.11.2014

Corresponding author:

skrotska@ya.ru

ABSTRACT

The possibility of increasing biosurfactants synthesis under cultivation of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 on sunflower oil was studied.

It was established that increasing the concentration of sunflower oil in basic medium for IMV B-7405 and IMV B-7241 strains cultivation from 2 to 5 % was accompanied by decrease of biosurfactants synthesis. However, increasing urea in 3—4 times (up 1,0—1,35 g/l) allowed to increase the amount of biosurfactants synthesized by *A. calcoaceticus* IMV B-7241 in the medium containing 6—7 % of sunflower oil up to 9,2—11,2 g/l, that almost 2—2.5 times higher than in the basic medium with the lower concentration of the carbon and nitrogen sources.

The obtained results indicate the possibility of biosurfactants synthesis under *A. calcoaceticus* IMV B-7241 and *N. vaccinii* IMV B-7405 cultivation in the medium with a high content of sunflower oil.

БЮКОНВЕРСІЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 І *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405

І.Ю. Павлюковець, студ., Л.В. Никитюк, студ.
Х.А. Берегова, асп., Т.П. Пирог, д-р біол. наук
Національний університет харчових технологій

Показано можливість використання соняшникової олії як субстрату для біосинтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) *Acinetobacter Calcoaceticus* IMB B-7241 і *Nocardia Vaccinii* IMB B-7405. Встановлено, що збільшення концентрації соняшникової олії у базовому середовищі культивування штамів IMB B-7405 та IMB B-7241 з 2 до 5 % супроводжувалося зниженням показників синтезу ПАР. Проте підвищення вмісту сечовини в 3—4 рази (до 1,0—1,35 г/л) дало змогу збільшити кількість поверхнево-активних речовин, синтезованих *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 на середовищі з 6—7 % соняшникової олії, до 9,2—11,2 г/л, що майже в 2—2,5 рази вище, ніж на базовому середовищі з нижчою концентрацією джерел вуглецевого і азотного живлення.

Ключові слова: *Acinetobacter Calcoaceticus* IMB B-7241, *Nocardia Vaccinii* IMB B-7405, олієвмісний субстрат, мікробні поверхнево-активні речовини.

На сьогодні синтетичні поверхнево-активні речовини (ПАР) є лідерами на ринку хімічних сполук. Вони використовуються в різних галузях промисловості, медицині та сільському госпо-

дарстві. Щорічно у світі виробляється близько 13 млн т синтетичних ПАР [1]. Проте істотним їх є токсичність і стійкість до біологічної деструкції. Альтернативною заміною синтетичним ПАР можуть стати мікробні поверхнево-активні речовини, позбавлені цих недоліків [1, 3].

ПАР мікробного походження характеризуються постійними властивостями в широкому діапазоні температури і рН, а також їх можна отримувати з різних промислових відходів [1—4]. Раніше [4—6] із забруднених нафтою зразків ґрунту було виділено нафтоокиснювальні бактерії, ідентифіковані як *Acinetobacter Calcoaceticus* IMB B-7241 і *Nocardia Vaccinii* IMB B-7405 та встановлено їх здатність синтезувати метаболіти з поверхнево-активними і емульгувальними властивостями на вуглеводневих і гідрофільних (етанол, гліцерин) субстратах. Однак, на сьогоднішній день перспективними субстратами для отримання мікробних ПАР є різні рослинні олії, в тому числі й відпрацьовані (пересмажені) [1—3]. Так, *Candida bombicola* ATCC22214 і *Candida antarctica* синтезували 15,25 і 13,86 г/л софороліпідів на середовищі, що містило олію ятрофи (100 г/л) і соєву олію (65 г/л) відповідно [1, 2]. Культивування *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 на середовищі з соняшниковою олією (3,5 %) супроводжувалося утворенням 4,07 г/л ПАР [3].

У той же час нам не вдалося знайти в літературі відомостей про синтез ПАР на олієвмісних субстратах бактеріями родів *Acinetobacter* і *Nocardia*.

У роботі [7] ми встановили можливість синтезу поверхнево-активних речовин *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 на відходах олійно-жирової промисловості (фузи).

Зазначимо, що в Україні викиди відпрацьованої соняшникової олії в навколишнє середовище не регламентуються, а одним з шляхів утилізації цього токсичного відходу є використання його як субстрату в біотехнологічних процесах. У зв'язку з викладеним вище мета даної роботи — дослідити можливість синтезу ПАР *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 на соняшниковій олії.

Матеріали та методи. Об'єкти дослідження — штами *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405, зареєстровані в Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного Національної академії наук України.

Штам *A. calcoaceticus* IMB B-7241 культивували на рідкому поживному середовищі (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{CO}$ — 0,35; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; NaCl — 1,0; Na_2HPO_4 — 0,6; KH_2PO_4 — 0,14. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5% (об'ємна частка) і розчин мікроелементів — 0,1% (об'ємна частка). Розчин мікроелементів містив (г/100 мл): $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 1,1; $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ — 0,6; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,004; $\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,03; H_3BO_3 — 0,006; KI — 0,0001; ЕДТА (трилон Б) — 0,5.

N. vaccinii IMB B-7405 культивували на середовищі такого складу (г/л): NaNO_3 — 0,5; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; KH_2PO_4 — 0,1; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,01. Додатково в середовище вносили дріжджовий автолізат (0,5 %, об'ємна частка).

Як джерело вуглецю використовували соняшникову олію в концентрації 2—7 % (за об'ємом). В одному з варіантів у середовищі культивування збільшували вміст джерела азоту в 2—3 рази для *N. Vaccinii* IMB B-7405 та в 2—4 рази для *A. Calcoaceticus* IMB B-7241.

Як посівний матеріал використовували культури з експоненційної фази росту, вирощені на відповідних рідких середовищах, що містили 1% (масова частка за вуглеводами) меляси як джерела вуглецю. Зазначимо, що з метою скорочення тривалості лаг-фази в біотехнологічних процесах використовують однакові субстрати [8] як в середовищі для отримання інокуляту, так і біосинтезу цільового продукту. Проте раніше [4] було показано, що використання інокуляту, вирощеного на мелясі, супроводжувалося підвищенням синтезу ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 на олієвмісних субстратах.

Кількість посівного матеріалу становила 10 % від об'єму поживного середовища. Культивування здійснювали в колбах об'ємом 750 мл з 100 мл середовища на качалках (320 об / хв) при 28—30 °C упродовж 120 год.

Здатність до синтезу ПАР оцінювали за такими показниками: умовна концентрація ПАР (ПАР*, безрозмірна величина), а також кількість синтезованих ПАР (г/л), які визначали як описано раніше [4—6, 8].

Усі досліді проводили в 3 повторах, кількість паралельних визначень в експериментах становила 3—5. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за Лакінім [9]. Відмінності середніх показників вважали достовірними на рівні значимості $p < 0,05$.

Результати та обговорення. Показники синтезу ПАР за умов росту *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 на середовищі з різними концентраціями соняшникової олії наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Синтез пар *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 на середовищі з різними концентраціями олії

Штам	Концентрація соняшникової олії, %	Умовна концентрація ПАР (ПАР*)	Концентрація ПАР, г/л
<i>A. calcoaceticus</i> IMB B-7241	2	9,1±0,45	5,2±0,26
	3	8,7±0,43	5,1±0,25
	4	7,7±0,38	4,9±0,24
	5	7,3±0,36	3,7±0,18
<i>N. vaccinii</i> IMB B-7405	2	3,9±0,19	3,3±0,16
	3	3,0±0,15	2,8±0,14
	4	2,9±0,14	2,3±0,11
	5	2,1±0,10	1,7±0,08
Примітка. Концентрація сечовини та нітрату натрію в середовищі культивування <i>A. Calcoaceticus</i> IMB B-7241 і <i>N. Vaccinii</i> IMB B-7405 0,35 г/л і 0,5 г/л відповідно.			

Результати досліджень показують, що максимальна концентрація ПАР *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 (5,2 і 3,3 г/л відповідно) спостерігалася за концентрації соняшникової олії в середовищі 2 %. Подальше збільшення концентрації субстрату в середовищі до 4 і 5 % супроводжувалося зниженням показників синтезу (як показника ПАР*, так і концентрації ПАР).

Одним з факторів, що визначають ефективність процесів мікробного синтезу вторинних метаболітів, є співвідношення С/Н в середовищі культивування продуцентів [8]. У попередніх дослідженнях [8, 10] нами було встановлено оптимальне співвідношення С/Н для біосинтезу ПАР штамми IMB B-7241 і IMB B-7405 на середовищах, що містять 1—2 % етанолу та гліцерину. У даній роботі, підвищуючи до 5 % концентрацію соняшникової олії в середовищі культивування *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405, ми не змінювали вміст у ній джерела азоту.

Тому на наступному етапі досліджували синтез ПАР на середовищах, в яких концентрація сечовини та нітрату натрію була збільшена в 2—3 рази для IMB B-7405 та в 2—4 рази для IMB B-7241 порівняно з їх вмістом у базовому середовищі (табл. 2 і 3).

Таблиця 2. Вплив концентрації нітрату натрію на синтез пар штамом IMB B-7405

Концентрація соняшникової олії, %	Концентрація NaNO ₃ , (г/л)	Концентрація ПАР, (г/л)
3	0,5	3,2±0,16
	1,0	2,6±0,13
	1,5	2,2±0,11
4	0,5	2,1±0,10
	1,0	2,0±0,10
	1,5	1,8±0,09

Дані, наведені в табл.2, свідчать про те, що підвищення концентрації джерела азоту до 1,0—1,5 г/л в середовищі культивування *N. Vaccinii* IMB B-7405, що містить 3—4% соняшникової олії, не супроводжувалося підвищенням концентрації ПАР порівняно з показниками на середовищі з 0,5 г/л нітрату натрію. Таким чином, оптимальна концентрація олії в середовищі культивування штаму IMB B-7405, що забезпечує максимальний синтез ПАР, становить 2—3%, і подальше підвищення вмісту ростового субстрату є недоцільним.

Інші закономірності спостерігали для штаму *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 (табл. 3). Підвищення вмісту сечовини в середовищі культивування супроводжувалося збільшенням кількості синтезованих ПАР. Максимальна концентрація ПАР (11,2 г/л) досягалася на середовищі, що містило 1,35 г/л сечовини і 6 % соняшникової олії.

Зазначимо, що показники синтезу ПАР *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 на соняшниковій олії порівнянні з показниками синтезу інших штамів-продуцентів [1—3, 10]. Так, кількість рамноліпідів, синтезованих *Pseudomonas* sp. IS 13428 на середовищі з 4 % кукурудзяної олії, становила 7,6 г/л. *P. Aeruginosa* ATCC 27853 на середовищі з соняшниковою олією (3,5 %) синтезує 4,07 г/л ПАР [3]. Такий вихід кінцевого продукту може бути пов'язаний з кількісним вмістом жирних кислот у оліях.

Таблиця 3. Синтез пар штамом IMB B-7241 на середовищі з різними концентраціями сечовини і соняшникової олії

Концентрація соняшникової олії, %	Концентрація (NH ₂) ₂ CO, (г/л)	Концентрація ПАР, (г/л)
4	0,35	4,9±0,24
	0,7	6,3±0,31
	1,0	7,3±0,36
5	0,35	3,7±0,18
	0,7	4,7±0,24
	1,0	5,7±0,28
6	1,0	9,2±0,46
	1,35	11,2±0,56
7	1,0	7,9±0,39
	1,35	9,2±0,46

Висновки. Таким чином, отримані результати свідчать про можливість синтезу поверхнево-активних речовин при культивуванні *A. Calcoaceticus* IMB B-7241 і *N. Vaccinii* IMB B-7405 на середовищі з підвищеним вмістом соняшникової олії. Ці дані є основою для розробки технології отримання ПАР з використанням як субстрату відпрацьованої (пересмаженої) олії.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Jatropha oil derived sophorolipids: production and characterization as laundry detergent additive* / Joshi-Navare K., Khanvilkar P. and Prabhune A. // Biochem. — 2013. — V.1, № 10 — P. 15—24.
2. *Biosurfactants production by yeasts using soybean oil and glycerol as low cost substrate* / Accorsini F.R., Muttoni M.R., Lemos E.M., Benincasa M. Braz. J. // Microbiol. — 2012. — V. 43, № 1. — P. 116—125.
3. *Production and characterization of rhamnolipids from Pseudomonas aeruginosa strain* / Rikalovic M.G., Gojic-Cvijovic G., Vrvic M.M. and Karadzic I. J. // Serb. Chem. Soc. — 2012. — V. 77, № 1. — P. 27—42.
4. *Синтез поверхностно активных веществ Rhodococcus erythropolis IMB Ac-5017, Acinetobacter calcoaceticus IMB B-7241 и Nocardia vaccinii IMB B-7405 на промышленных отходах* / Пирог Т. П., Софилканич А. П., Покора К. А., Шевчук Т. А., Иутинская Г. А. // Микроб. журн. — 2014. — Т. 76, № 2. С. 17—23.
5. *Biosurfactant synthesis by Rhodococcus erythropolis IMV Ac -5017, Acinetobacter calcoaceticus IMV B-7241, Nocardia vaccinii IMV B-7405 on byproduct of biodiesel product* / Pirog T., Shulyakova M., Sofilkanych A., Shevchuk. T., Maschenko O. // Food Bioprod. Proces. — 2013. DOI 10.1016/j.fbp.2013.09.003.
6. *The influence of conditions of Acinetobacter calcoaceticus K-4 strain cultivation on surface-active substances synthesis* / Pirog T.P., Antonuk S.I., Karpenko Y.V., Shevchuk T.A. // Appl. Biochem. Microbiol. — 2009. — V. 45, № 3. — P. 272—278.
7. *Intensification of surfactants' synthesis by Rhodococcus erythropolis IMV Ac-5017, Acinetobacter calcoaceticus IMV B-7241 and Nocardia vaccinii K-8 on fried oil and glycerol containing medium* / Pirog T., Sofilkanych A., Konon A., Shevchuk T., Ivanov S. // Food Bioprod. Proces. — 2013. — V. 91, № 2. P. 149—157.
8. *Интенсификация технологий микробного синтеза* / Подгорский В.С., Иутинская Г.О., Пирог Т.П. // Киев: Наук. Думка. — 2010. — 327 с.
9. *Биометрия* / Лакин Г.Ф. // М.: Высшая школа. — 1990. — 352 с.
10. *Вплив умов культивування на синтез поверхнево-активних речовин Nocardia vaccinii IMB B-7405 на гліцерині* / Пирог Т.П., Гриценко Н.А., Яцук Д.В., Боровик О.О. // Наукові праці НУХТ. — 2012. — №44. С. 17—21.

БИОКОНВЕРСИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА В ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 И *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405

И.Ю. Павлюковец, Л.В. Никитюк, К.А. Береговая, Т.П. Пирог

Национальный университет пищевых технологий

*Показана возможность использования подсолнечного масла в качестве субстрата для биосинтеза поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Acinetobacter Calcoaceticus* IMB B-7241 и *Nocardia Vaccinii* IMB B-7405. Установлено, что увеличение концентрации подсолнечного масла в базовой среде культивирования штаммов IMB B-7405 и IMB B-7241 с 2 до 5 % сопровождалось снижением показателей синтеза ПАВ. Однако повышение содержания мочевины в 3–4 раза (до 1,0–1,35 г/л) позволило увеличить количество поверхностно-активных веществ, синтезированных *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на среде, содержащей 6–7 % подсолнечного масла, до 9,2–11,2 г/л, что почти в 2–2,5 раза выше, чем на базовой среде с более низкой концентрацией источников углеродного и азотного питания.*

Ключевые слова: *Acinetobacter Calcoaceticus* IMB B-7241, *Nocardia Vaccinii* IMB B-7405, маслосодержащий субстрат, микробные поверхностно-активные вещества.

IMMUNOLOGICAL PROPERTIES OF COLOSTRUM

I.V. Lych, O.V. Karpov, G.O. Peklo, A.O. Peklo

National University of Food Technologies

Key words:

colostrum cows, immunoglobulins, catalytic antibodies, immunomodulatory properties.

Article history:

Received 6.11.2014

Received in revised

form 11.11.2014

Accepted 19.11.2014

Corresponding author:

tinna78@mail.ru

ABSTRACT

For researchers importance of cow colostrum as an ideal food for baby — has long been an axiom, but a variety of immunological properties continues to amaze and inspire them to continue studying. Colostrum cows — mother colostrum cows — a natural, full biological product, one of the most perfect foods and natural. This is a complex biological fluid that is formed in the mammary gland of female mammals during their lactation. Due to its unique composition and the presence of immunomodulatory properties, which are caused by the presence of biological protective factors, which include lactoferrin, laktoperoxydaza, lysozyme, phagocytes, immunoglobulins and catalytically active antibodies — proteins-abzmy, colostrum cows is able to stimulate appropriate development of its immune system of the newborn baby, to protect his body from invading pathogenic agents and protect against various types of food allergies. Study data bioactive components of colostrum allows explored the role of colostrum in non-specific immune defense of the organism newborns.

ІМУНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОЗИВА

І.В. Лич, канд. біол. наук, О.В. Карпов, д-р. біол. наук

Г.О. Пекло, студ., А.О. Пекло, студ.

Національний університет харчових технологій

Коров'яче молозиво — материнське молозиво корів — природний, повноцінний біологічний продукт, один з найдосконаліших харчових продуктів, створених природою. Це складна біологічна рідина, яка утворюється в молочній залозі самок ссавців в період їх лактації. Завдяки своєму унікальному складу та наявності імуномодулювальних властивостей, які обумовлені присутністю біологічних захисних факторів, до числа яких належать лактоферин, лактопероксидаза, лізоцими, фагоцитини, імуноглобуліни та каталітично активні антитіла — білки-абзими, коров'яче молозиво здатне стимулювати відповідний розвиток власної імунної системи новонародженого маляти, захищати його організм від вторгнення хвороботворних агентів та забезпечити захист від різних видів харчових алергій. Вивчення даних біологічно-активних компонентів коров'ячого молозива дає змогу детально дослідити роль молозива у неспецифічному імунному захисті організму новонароджених.

Ключові слова. Коров'яче молозиво, імуноглобуліни, каталітичні антитіла, імуномодулювальні властивості.

Вступ. Сучасна клінічна медицина володіє переконливими фактами щодо переваг не тільки грудного вигодовування, а й використання сумішей з додаванням сухого коров'ячого молозива для штучного вигодовування, оскільки саме воно виконує важливу біологічну роль: захисну, регуляторну, профілактичну [1].

Для дослідників важливість коров'ячого молозива як ідеальної їжі для дитини — давно аксіома, а от різноманітність імунобіологічних властивостей продовжує вражати і надихає до продовження їх вивчення.

Важко переоцінити значимість першого року життя у становленні гармонійної особистості, але першим важливим (і незамінним) кроком після грудного вигодовування є використання саме коров'ячого молока. Перш за все, народження дитини асоціюється із суттєвими змінами навколишнього середовища, і тому першою підтримкою у позаутробному житті маляти є — грудне та штучне вигодовування, які забезпечують ефективний захист від вірусної та бактеріальної агресії.

Слід зауважити, що розвиток та функціональна зрілість імунної системи визначаються віковими особливостями та умовами догляду за дитиною, в т.ч. характером харчування. Із п'яти «критичних» періодів становлення імунітету у постнатальному періоді — два припадає на перший рік життя (період новонародженості та 3—6 місяців), що вочевидь вирізняє їх важливість. Зокрема, імунологічний статус новонародженого визначає дві складові: пасивний імунітет — материнський, який забезпечується антитілами класу IgG, а тому забезпечує протиінфекційний захист та власне імунітет дитини, який забезпечується високою абсолютною кількістю Т-лімфоцитів із низькою функціональною зрілістю субпопуляцій хелперів та Т-цитотоксичних клітин, низьким рівнем комплементу, IgA, бактерицидністю фагоцитів, які визначають підвищену вразливість новонародженого до інфекційних захворювань [1].

У віці 3—6 місяців імунна система дитини втрачає «материнський патронаж», який забезпечувався антитілами класу IgG, оскільки розпочинається синтез власних антитіл та розвивається імунологічна пам'ять. Послаблення впливу, а згодом втрата материнського молока визначають закономірності роботи імунної системи дитини: утримується виразний лімфоцитоз, імунологічні механізми мають супресорну спрямованість, у відповідь на вторгнення інфекційних агентів збільшується синтез антитіл класу IgM (лише первинна реакція, яка не забезпечує формування імунологічної пам'яті). Загалом, така незрілість системи імунітету визначає підвищену чутливість дитини до збудників ГРВІ та формування харчової алергії [1]. За таких обставин в цьому періоді, отримання навіть незначного, в кількісному розумінні, об'єму коров'ячого молозива (у вигляді штучного вигодовування) може повністю зрівноважити ситуацію.

В даній роботі ми мали на *меті* дослідити захисні властивості компонентів коров'ячого молока та молозива, які відіграють важливу роль у становленні та підтриманні імунітету новонароджених дітей.

Захисні фактори молозива та молока та їх функції в організмі. Коров'яче молозиво виключно унікальне за своїм складом. Поряд з вуглеводами, ліпідами, білками, вітамінами, мінеральними солями, ферментами та гормонами [2], воно містить комплекс захисних факторів, до числа яких належать лактоферин, лактопероксидаза, лізоцими, лейкоцити (фагоцити), імуноглобуліни, а також каталітично активні антитіла — білки-абзими [8]. Ці біологічно-активні фрагменти відіграють важливу роль у становленні імунітету, що забезпечує динамічне диференціювання та формування набутого імунного захисту. А тому, з переходом на штучне вигодовування дитячими сумішами, що містять коров'яче молозиво дитина буде мати можливість отримувати не лише висококалорійну їжу, а перед усім «дози» імунотерапії, що є життєво важливим [3].

До числа захисних факторів молозива належить лактоферин, який є найбільш поліфункціональним білком коров'ячого молозива, який при надходженні в дитячий організм хелатує іони заліза, тим самим створюючи залізодефіцитне середовище та позбавляє бактеріальну мікрофлору необхідного для її росту і життєдіяльності мікроелементу. Разом з тим, в основі протиінфекційної активності лактоферину можуть лежати і інші механізми [2].

Іншим важливим захисним компонентом молозива, який характеризується імунологічною дією є лактопероксидаза. Лактопероксидаза — білковий елемент протимікробного захисту новонародженого, який володіє бактерицидними властивостями. Це дуже м'який протимікробний агент, який одночасно стимулює збільшення кількості корисних бактерій в організмі та протидіє зростанню патогенних. Він каталізує окиснення тіоціанатів перекисом водню з утворенням проміжних продуктів з бактерицидною дією по відношенню до багатьох шкідливих мікроорганізмів, а саме руйнує стрептококи, ентерококи, зокрема *E. Coli* [4].

Останнім часом отримані дані, що підтверджують важливість впливу лізоцимів молока на організм дитини. Вони відіграють роль антибактеріального бар'єру в організмі новонародженого, особливо в місцях контакту із зовнішнім середовищем. Велика кількість лізоциму знаходиться в різних рідинах організму: слізній рідині, слині, спинно-мозковій рідині, молоці і особливо в молозиві і навколоплідній рідині.

У молоці корів знаходяться чотири групи лізоциму: лізоцим М (молока), лізоцим В (вим'я), лізоцим О (основний), лізоцим Т (термостабільний) [4]. Вони виробляються молочною залозою або надходять в молоко з крові. При пастеризації молока лізоцими (крім термостабільного) інактивуються. Найбільшою бактерицидною властивістю вирізняється лізоцим М. Він діє згубно на патогенні стафілококи, маститні стрептококи, сальмонели, кишкові палички, збудників сибірської виразки тощо, особливо грампозитивні мікроорганізми.

Дуже важлива роль фагоцитувальних клітин, які входять до складу молозива. Це клітинні елементи крові макроорганізму, які здатні активно поглинати і розчиняти живі й вбиті мікроорганізми. Вони завжди містяться в невеликій кількості в коров'ячому молоці, виконуючи захисну антибактеріальну функцію. Також, лейкоцити з коров'ячого молозива здатні закріплюватися на епітелії кишківника дитини, перебувати там до 60 год і проникати в кровоносну систему немовляти, підтримуючи його імунну систему і допомагаючи її правильному формуванню [2].

Усі ці численні компоненти молока захищають незрілий організм дитини від несприятливого впливу різноманітних мікроорганізмів — бактерій, вірусів та грибкових інфекцій [3]. Отже, дитина, яка знаходиться на штучному вигодовуванні, отримує повноцінну, легкозасвоювану їжу, в результаті чого її організм може протистояти багатьом хворобам, так як коров'яче молоко на молозивній стадії в період лактації має систему захисних і протиінфекційних чинників, які формують місцевий і загальний імунітет проти хвороботворних мікроорганізмів в найуразливіший період життя новонародженого немовляти, коли його власна імунна система розвинута ще зовсім слабо та потребує постійної підтримки [11].

Імуноглобуліни, як фактори створення специфічного імунітету. Біологічно-активні фрагменти білків коров'ячого молозива забезпечують специфічний та неспецифічний імунний захист немовляти, становлення імунологічної реактивності організму та захист його від вторгнення хвороботворних агентів. Даними імунними властивостями володіють вищезгадані захисні компоненти, але особливу цінність для організму новонародженого становлять імуноглобуліни та каталітично активні антитіла — білки-абзими. Саме вони, в основному, відповідають за розвиток імунної системи новонародженої дитини [4].

Імуноглобуліни захищають новонародженого від інфекційних захворювань, коли власні захисні системи організму ще не сформувалися. Імуноглобуліни проникають з травного тракту у внутрішнє середовище організму в інтактній формі, зберігаючи свої імуногенні властивості, стимулюють розвиток і підтримують високу реактивність імунної системи новонародженого. Досліджено, що в коров'ячому молозиві, вміст імуноглобулінів досягає 15 % від загальної кількості білків [3]. У подальшому вміст глобулінів у молозиві і проникність стінок кишківника для інтактних білків швидко знижується, що може бути пов'язано з формуванням власних захисних систем організму.

У молозиві корів міститься три основні класи імуноглобулінів IgA, IgM, IgG [5]. Для створення ефективного імунітету необхідні всі три класи, і ніякий з них окремо не може забезпечити повноцінного захисту. Але серед них особливо важливого значення набуває секреторний імуноглобулін IgA (slgA). У зв'язку з тим, що slgA притаманна висока антибактеріальна та противірусна активність, він є важливою складовою гуморального мукозного імунітету, що забезпечує захист слизових оболонок дитячого організму від негативного впливу навколишньої мікрофлори. Особливістю slgA є те, що він стабільний при низькому рН і не руйнується протеолітичними ферментами, що дає можливість імунному білку зберігати свою імунологічну активність впродовж всього травного каналу. Надходячи з коров'ячим молозивом до кишківника немовляти, slgA блокує розмноження в ньому хвороботворних кишкових і дизентерійних паличок, сальмонел, стафілококів, пневмококів та інших мікроорганізмів і сприяє виділенню їх з організму. IgG та IgM молозива блокують проникнення інфекційних збудників, блокують формування харчової алергії та сприяють розвитку активності імунітету у новонароджених немовлят. Найбільш інтенсивне всмоктування імуноглобулінів молозива в шлунково-кишковому тракті відбувається в перші 24 год життя і триває близько 96 год [5].

Білки-бзими та їх роль в підтриманні імунного гомеостазу. Ще одним важливим компонентом молозива є абзими. Абзими або каталітичні антитіла — моноклональні антитіла, що володіють каталітичною активністю [6]. Існують як природні абзими (в молоці, в сироватці крові хворих на аутоімунні захворювання, гепатит, СНІД), так і штучні абзими (гідролізовані ефіри динітрофенолу) [7]. Вони здатні каталізувати будь-які хімічні реакції додатково до тих,

для яких існують природні білки ферменти. Це, зокрема, абзими-нуклеази, що розщеплюють ДНК (ДНК-абзими) і РНК (РНК-абзими). Абзими являють собою новий тип біокаталізаторів, які належать до суперроду імуноглобулінів та мають в складі своїх гіперваріабельних ділянок, відповідальних за зв'язування антигену, амінокислотні залишки, які беруть участь в каталітичній реакції [6, 7].

Встановлено, що молочна залоза містить велику кількість плазматичних клітин, які продукують імуноглобуліни. Багато дослідників довели, що при введенні антигенів безпосередньо в молочну залозу можна отримати високий титр даних антитіл в молозиві [5]. Накопичення їх в молочній залозі і поява у молозиві спостерігається перед отеленням корови і вже на молозивній стадії лактаційного періоду їхня кількість велика, порівняно з їх вмістом в молоці.

Імуноглобуліни та власне каталітичні антитіла — білки-абзими накопичуються в молочній залозі двома шляхами [6]:

1. Занесення до молочної залози з кров'ю (імунітет трансжилистий). При цьому титр імуноглобулінів в молозиві залежить від їх концентрації в крові.

2. Імуноглобуліни самі виробляються в молочній залозі (імунітет діалогічний).

Відомо, що імунна система немовляти віком до 6 місяців ще не сформована. Вона починає формуватися з 6 місяця після народження. Слизові поверхні респіраторного та гастроентерального тракту новонародженого не містять власних антитіл і тому антитіла — білки-абзими, які знаходяться в молозиві корови можуть слугувати йому для захисту від збудників інфекційних захворювань та забезпечують власне пасивний імунітет [7].

В корів молозиво є єдиним джерелом імуноглобулінів та антитіл для новонароджених, так як їх плацента не прохідна для антитіл. Плацента корів, відноситься до ендотеліо-хоріального типу, в якій судини плода відокремлені від крові матері шаром ендотелію і вона володіє лише незначною проникністю для антитіл. Однак і тут проникність плаценти для різних класів імуноглобулінів різна. Імуноглобуліни класів IgA та IgM практично не проходять через плаценту, а Ig G1 проходить краще і певна частка материнських антитіл все ж долає плацентарний бар'єр. Проте набагато більшого значення має отримання молозива в перші 7—10 днів молозивної стадії періоду лактації, тому що саме воно містить велику кількість імуноглобулінів та білків-абзимів [3].

Щоб імуноглобуліни та білки-абзими молозива могли бути максимально використані організмом новонародженої людини, вони повинні пройти через стінку кишківника у незмінному вигляді. У перші дні життя новонародженого (24—36 год) у нього має місце так званий спокій ферментативного травлення [3]. У шлунковому соку новонародженого відсутня вільна соляна кислота, а травні ферменти шлунку і кишківника перебувають у неактивному стані. Слизова оболонка тонкого кишківника при цьому здатна пропускати в організм ряд компонентів молозива без попереднього їх розщеплення — у першу чергу материнські імуноглобуліни, що забезпечують імунний захист. Далі можна використовувати компоненти молозива корів [5].

Білки-абзими коров'ячого молока володіють такими властивостями:

- мають імунопротекторну дію;
- мають імуномодулювальну дію при можливих аутоімунних захворюваннях і — алергічних станах, які виникають у новонароджених немовлят;
- підвищують стійкість організму до простудних та інфекційних захворювань;
- володіють адаптогенною дією.

Здорова імунна система новонародженої дитини — це запорука подальшого гармонійного розвитку організму й тривалого повноцінного життя. При послабленій імунній системі організм немовляти стає чутливим для проникнення різних хвороботворних бактерій та грибів.

Одна з причин послаблення імунної системи — недостатнє потраплення в організм речовин-активаторів імунітету, таких як імуноглобуліни та білки-абзими.

Висновки. Доведено, що коров'яче молозиво є прекрасним натуральним джерелом даних каталітичних антитіл та імуноглобулінів для відновлення, підтримки і активації ослабленої імунної системи [19]. Біологічно-активні фрагменти білків коров'ячого молозива забезпечують специфічний та неспецифічний імунний захист немовляті: становлення імунологічної реактивності організму та захист його від вторгнення хвороботворних агентів.

Таким чином, молозиво є своєрідним концентратом поживних та захисних факторів. Для новонароджених дітей молозиво є джерелом речовин, що визначають природну

резистентність організму. Це дає підставу вважати, що доля дитячого організму значною мірою залежить від інтенсивної передачі білків-абзимів та імуноглобулінів в перші 3—6 місяців життя з сухим молозивом, яке потрібно додавати до дитячих сумішей, що використовуються для штучного вигодовування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Імунітет новонароджених дітей* / Г.О. Романенко // Медичний журнал. — 2012. — № 13. — С. 15—19.
2. *Особливості хімічного складу і біологічної цінності молока корів* / П.В. Стапай // Біологія тварин. — 2010. — Т. 12, № 1. — С. 18—27.
3. *Специфічні імуноглобуліни до коров'ячого молока в лікуванні дітей* / П.В. Чернишов // Дерматологія. — 2008. — № 1. — С. 33—36.
4. *Белковый состав коровьего молока* / Ж. Павлова, Л.Галун // Пищевая технология. — 2007. — №3. — С. 42—44.
5. *Дослідження імунобіологічної ролі коров'ячого молока* / А.Д. Близнюк // Здоров'я. — 2008. — № 8. — С. 5—17.
6. *Antibody catalysis: Biochemistry, immunology, pathology* / A. Gabibov // Autoimm. Rev. — 2006. — V. 103, N1. — P. 1—7.
7. *Gestalt of abzymes* / K. Babu Nageswararao, K.Lakshmi, R.. Ramakrshna // Int. J. Pharm. Pharm. Sci. — 2011. — № 4. — P. 45—51.
8. *Advances in chemistry of milk* / W.J. Harper // J.Pairy Sci. — 2010. — №4. — P. 713—722.

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЗИВА

И.В. Лич, О.В. Карпов, Г.О. Пекло, А.О. Пекло

Национальный университет пищевых технологий

Коровье молозиво — материнское молозиво коров — природный, полноценный биологический продукт, один из самых совершенных пищевых продуктов, созданных природой. Это сложная биологическая жидкость, которая образуется в молочной железе самок млекопитающих в период их лактации. Благодаря своему уникальному составу и наличию иммуномодулирующих свойств, которые обусловлены присутствием биологических защитных факторов, к числу которых относятся лактоферрин, лактопероксидаза, лизоцимы, лейкоциты (фагоциты), иммуноглобулины и каталитически активные антитела — белки-абзимы, коровье молозиво способно стимулировать соответствующее развитие собственной иммунной системы новорожденного малыша, защищать его организм от вторжения болезнетворных агентов и обеспечивать защиту от различных видов пищевых аллергий. Изучение данных биологически-активных компонентов коровьего молозива позволяет подробно исследовать роль молозива в неспецифической иммунной защите организма новорожденных.

Ключевые слова. Коровье молозиво, иммуноглобулины, каталитические антитела, иммуномодулирующие свойства.

УДК 637.142.3

INFLUENCE FRUCTOSE AND SUCROSE ON THE VISCOSITY OF EVAPORATED SKIMMED MILK WITH A COMPATIBLE USE OF THEIR

N.P. Ivchuk

National University of Food Technologies

Key words:

low-concentrated skim milk,
evaporated skim milk,
sucrose, fructose,
dynamic viscosity

Article history:

Received 18.06.2014
Received in revised form
4.11.2014
Accepted 8.11.2014

Corresponding author:

vira.nadija@gmail.com

ABSTRACT

The article investigates the influence of sucrose, fructose, and their mixture on the viscosity of evaporated skim milk for the production of prophylactic preserving traditional taste, aroma, color and texture. Dynamic viscosity as an indicator of rheological properties of food system, measured using a rotary viscometer «Reotest 2» in the temperature range 20...60 °C in foods by weight of dry substance 42...75 %, comprised of 44 % sugar (sucrose + fructose). It was established that the viscosity of skim milk low-concentrated inversely dependent on temperature and directly proportional to the content of sucrose in the system. The exception has become a product containing a mixture of 20 % sucrose and 24 % fructose. Using the mixture of sugars in the manufacture of condensed skimmed milk will provide the product with standard viscosity index and good organoleptic characteristics

ВПЛИВ ФРУКТОЗИ І САХАРОЗИ НА В'ЯЗКІСТЬ ЗГУЩЕНОГО ЗНЕЖИРЕНОГО МОЛОКА ПРИ СУМІСНОМУ ЇХ ВИКОРИСТАННІ

Н.П. Івчук, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Стаття присвячена дослідженню впливу сахарози, фруктози та їхньої суміші на в'язкість згущеного знежиреного молока для виробництва продуктів профілактичного призначення зі збереженням традиційного смаку, аромату, кольору та консистенції.

Встановлено, що в'язкість підзгущеного знежиреного молока обернено пропорційно залежить від температури і прямопропорційно від вмісту сахарози в системі. Виключенням став продукт, що містив суміш із 20 % сахарози й 24 % фруктози. Використання даної суміші цукрів при виготовленні згущеного знежиреного молока дозволить отримати продукт зі стандартним показником в'язкості й хорошими органолептичними показниками.

Ключові слова: підзгущене знежирене молоко, згущене знежирене молоко, сахароза, фруктоза, динамічна в'язкість.

Молоко — один із найцінніших харчових продуктів людини. В давнину філософи називали його «білою кров'ю». І не даремно. Адже молоко є джерелом повноцінних білків, легкозасвоюваних вуглеводів, корисних жирів, мінеральних речовин, вітамінів та ферментів [1].

Англійські медики стверджують, що щоденне споживання склянки молока в 25-річному віці, завдяки високому вмісту кальцію в ньому, позитивно впливає на щільність кісткової тканини протягом усього життя.

Але крім поживних речовин молоко має високий вміст води, а тому може метаболізуватись різними групами мікроорганізмів, що призводить до його псування.

Для запобігання швидкому псуванню молока його консервують або шляхом висушування (ксенобіоз), або згущення (осмобіоз).

На підприємствах молочної промисловості виробляють згущене молоко як без консервантів так і з ними. В якості консервантів згущеного молока використовують речовини, які здатні підвищувати осмотичний тиск і покращувати смакові властивості готового продукту — це глюкоза, фруктоза, сахароза, глюкозо-фруктозні сиропи [2].

Сьогодні інтерес дослідників і виробників згущеного молока приваблює фруктоза. Вона може використовуватися в складі цього продукту як моноконсервант або в комбінації з сахарозою.

Одним із показників згущених молочних продуктів тривалого зберігання є їхня в'язкість, значення якої мають лежати в межах $3...10 \text{ Па} \cdot \text{с}$ [3]. Відомо [4], що такі показники в'язкості в готовому продукті можна досягнути при використанні 44 % фруктози.

Внесення 44 % сахарози в знежирене молоко і уварювання суміші до масової частки сухих речовин 70 % не дає можливості досягнути оптимальних значень в'язкості. Повна заміна сахарози на фруктозу в згущеному молоці дозволяє отримати продукт із заданими реологічними показниками, але погіршує його органолептичні показники та приводить при цьому до значного збільшення собівартості.

Для досягнення оптимального значення в'язкості згущеного знежиреного молока зі збереженням його органолептичних властивостей було вирішено дослідити можливість одночасного використання сахарози і фруктози в його виробництві.

Метою даного дослідження було вивчення зміни реологічних властивостей згущеного знежиреного молока в присутності суміші фруктози з сахарозою для виробництва продуктів профілактичного призначення зі збереженням традиційного смаку, аромату кольору та консистенції.

Зразки згущеного знежиреного молока отримували в лабораторії НУХТ з використанням ротаційного випарника IP-1. Динамічну в'язкість, як показник реологічних властивостей харчових систем, визначали за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2», що має діапазон вимірювань $1 \cdot 10^{-3} \dots 1,8 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}$; погрішність показань $\pm 4 \%$.

Визначення динамічної в'язкості проводили в продуктах з масовою часткою сухих речовин (СР) 42...75 % у діапазоні температур 20...60 °С при вмісті в згущеному знежиреному молоці суміші консервуючих вуглеводів (сахароза + фруктоза) в кількості 44 %.

Масову частку сухих речовин визначали за загальноприйнятою методикою [5], органолептичний аналіз проводили згідно нормативних документів [3].

Методика дослідження. Для проведення досліджень необхідно було встановити оптимальне співвідношення між сахарозою та фруктозою, яке б дало можливість забезпечити вимоги щодо якісних показників продукту.

Досліджено вплив сумішей з різним вмістом сахарози і фруктози на реологічні властивості готового продукту. Кількісне співвідношення між фруктозою та сахарозою в досліджуваних сумішах наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Склад досліджуваних сумішей сахарози та фруктози

№ суміші	Масова частка вуглеводів у суміші, %	
	Сахарози	Фруктози
1	44	0
2	30	14
3	20	24
4	10	34
5	5	39
6	0	44

Оскільки, внесення цукрового чи фруктозного сиропу в промислових умовах здійснюють у підзгущене молоко (СР 41...43 %) [2], викликало інтерес дослідити вплив сумішей цих цукрів на такі харчові системи. Результати досліджень впливу сумішей цукрів на реологічні властивості підзгущеного знежиреного молока наведені в табл. 2.

Як видно з табл. 2, що зі збільшенням температури в'язкість системи знижується. До зменшення в'язкості підзгущеного знежиреного молока призводить і зменшення вмісту в ньому сахарози. Винятком є в'язкість підзгущеного знежиреного молока із сумішшю № 3 (2 %

сахарози і 24 % фруктози). В'язкість в такій системі в 1,5 рази є вищою в порівнянні з в'язкістю підзгущеного знежиреного молока, що містить 44 % сахарози і в 5,8 рази у порівнянні з напівпродуктом, що містить 44 % фруктози. Таке підвищення в'язкості в системі можна пояснити утворенням асоціатів водних оболонок сахарози, фруктози, лактози та казеїново-кальцієвого комплексу підзгущеного знежиреного молока.

Таблиця 2. Залежність в'язкості підзгущеного знежиреного молока від температури та співвідношення цукрів-консервантів

№ суміші	В'язкість підзгущеного знежиреного молока (Па с) при температурі, °С				
	20	30	40	50	60
1	0,418	0,365	0,276	0,123	0,015
2	0,427	0,318	0,201	0,084	0,018
3	0,620	0,572	0,366	0,176	0,073
4	0,363	0,265	0,173	0,055	0,008
5	0,278	0,167	0,083	0,059	0,016
6	0,125	0,086	0,054	0,027	0,013

При виготовленні згущеного молока необхідно враховувати той факт, що в процесі його зберігання відбувається збільшення в'язкості продукту.

Досліджено зміну в'язкості згущеного знежиреного молока з різним складом суміші вуглеводів у процесі їхнього зберігання. Для цього проведено уварювання напівпродукту до масової частки сухих речовин 70 і 75 %. Результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Залежність в'язкості згущеного молока від вмісту консервуючих вуглеводів в суміші і масової частки сухих речовин при температурі 20 °С

№ суміші	В'язкість згущеного знежиреного молока (Па с) при масовій частці СР (%)		
	42	70	75
1	0,418	1,456	1,837
2	0,427	1,257	1,548
3	0,620	3,021	3,957
4	0,363	10,375	12,657
5	0,278	12,323	13,648
6	0,125	3,589	4,903

За результатами досліджень табл. 3 випливає, що внесення до складу продукту суміші № 3 дає можливість отримати такий показник в'язкості в згущеному молоці, який може дати запас на природне його збільшення при зберіганні до значень, що не перевищують максимально допустимі для даного продукту (10 Па с).

Висновки. Таким чином, часткова заміна сахарози в складі згущеного знежиреного молока на фруктозу забезпечує оптимальні реологічні властивості готового продукту тривалого зберігання. Використання фруктози в технології згущеного знежиреного молока дозволяє розширити асортимент продуктів лікувально-профілактичного профілю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скорченко Т.А. Технологія незбираномолочних продуктів: навч. посіб. / Т.А. Скорченко, Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, О.В. Кочубей. — Вінниця: Нова книга, 2005. — 246 с.
2. Скорченко Т.А. Технологія молочних консервів / Т.А. Скорченко. — К.: НУХТ, 2007. — 232 с.
3. ДСТУ 4274: 2003. Консерви молочні. Молоко незбиране згущене з цукром. Технічні вимоги.
4. Ивчук Н.П. Влияние фруктозы на реологические свойства обезжиренного сгущенного молока / Н.П. Ивчук, В.Д. Иванова, В.М. Данилова // Инновационные технологии в производстве и хранении сельскохозяйственной продукции: доклады Международной научно-практической коференции: Минск, 14—15 апреля 2011 г. — Минск: БГАТУ, 2011. — Ч. 2. — С. 131—134.
5. Крусъ Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ, А.М. Шалыгина, З.В. Волокитина. — М.: Колос, 2000. — 366 с.

ВЛИЯНИЕ ФРУКТОЗЫ И САХАРОЗЫ НА ВЯЗКОСТЬ СГУЩЕННОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА ПРИ ИХ СОВМЕСНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Н.П. Івчук

Национальный университет пищевых технологий

Статья посвящена исследованию влияния сахарозы, фруктозы и их смеси на вязкость сгущенного обезжиренного молока для производства продуктов профилактического назначения с сохранением традиционного вкуса, аромата, цвета и консистенции.

Установлено, что вязкость подсгущенного обезжиренного молока обратно пропорционально зависит от температуры и прямо пропорционально от содержания сахарозы в системе. Исключением стал продукт, содержащий смесь из 20 % сахарозы и 24 % фруктозы. Использование данной смеси сахаров при изготовлении сгущенного обезжиренного молока позволит получить продукт со стандартным показателем вязкости и хорошими органолептическими показателями.

Ключевые слова: подсгущенное обезжиренное молоко, сгущенное обезжиренное молоко, сахароза, фруктоза, динамическая вязкость.

УДК 664.858:613.292

METHOD OF HEALTH IMPROVEMENT ZEPHYR OBTAINING DEVELOPMENT

A. Bashta, V. Kovalchuk*National University of Food Technologies***Key words:**

zephyr,
physalis,
viburnum,
blackthorn,
pectin,
polyphenolic compounds

Article history:

Received 24.02.2014

Received in revised

form 1.11.2014

Accepted 6.11.2014

Corresponding author:

all_sher@mail.ru

ABSTRACT

The work confirmed the feasibility of using in technology of zephyr new raw materials (Physalis, Viburnum and Blackthorn sauce), allowing health improvement final product with good taste and decorative appearance, high nutritive value creation.

By trial cooking it was set the ratio of ingredients and optimal technological regimes, providing the finished product of high quality, and the estimation of organoleptic and quality indicators of finished product was given.

In result, we have chosen such a combination of a wild berries sauce composition: 5 % viburnum sauce, 15 % physalis sauce, 10 % blackthorn sauce. Products with the addition of such a quantity of functional supplements had high organoleptic characteristics, had the creamy color, pleasant berry aftertaste.

The use of this raw material in zephyr technology allows to enrich it significant amount of biologically active substances (BAS), the content of which in traditional zephyr is insignificant, to expand the range of zephyr products and an assortment of pastries with health improvement purpose.

РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗЕФІРУ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

А.О. Башта, канд. техн. наук, В.В. Ковальчук, магістр*Національний університет харчових технологій*

У роботі підтверджено доцільність використання у технології зефіру нової нетрадиційної сировини (пюре фізалісу, калини та терену), що дозволяє створити готовий продукт оздоровчого призначення з гарним смаком та зовнішнім виглядом, підвищеною харчовою цінністю.

Застосування саме цієї сировини у технології зефіру дозволяє збагатити його значною кількістю БАП, вміст яких у традиційному зефірі є незначним, розширити асортимент зефірних виробів та асортимент кондитерських виробів оздоровчого призначення.

Ключові слова: зефір, фізаліс, калина, терен, пектинові речовини, поліфенольні сполуки.

Вступ. На сучасному етапі розвитку суспільства кожна людина розуміє, що її здоров'я та довголіття безпосередньо залежать від їжі, яку вона споживає.

Вченими було доведено, що біологічна роль окремих компонентів харчових продуктів не обмежується їх значенням для організму людини як пластичних і енергетичних ресурсів. Їжа є джерелом інгредієнтів, які виконують регуляторну і захисну функцію, необхідних для узгодження діяльності всіх органів і систем організму, пристосування його до різних умов зовнішнього середовища, підвищення стійкості організму до дії хвороботворних факторів. Тобто їжа із зовнішнього середовища перетворюється на внутрішнє.

Сьогодні необхідно розвивати індустрію здорового харчування, де провідна роль відводиться створенню нових, збалансованих за складом продуктів, збагачених функціональними компонентами.

Такими продуктами можуть бути кондитерські вироби, зокрема зефір, який користується попитом у різних груп населення. Кондитерські вироби — це продукти високої калорійності та засвоювання, вони є в основному джерелом вуглеводів і жирів. Вміст найважливіших нутрієнтів в них незначний, що суттєво знижує їх харчову цінність. Нові технології, засновані на застосуванні фізіологічно функціональних інгредієнтів природного походження, дозволяють заповнити дефіцит незамінних харчових речовин і розширити асортимент продуктів функціонального призначення.

Зефір — різновидність клеєної пастили, яку формують відливом. Цінність його обумовлюється значною часткою повітряної фази, високим ступенем її дисперсності, структурними властивостями. Крім смакових якостей, позитивною характеристикою є досить невисока калорійність порівняно з іншими кондитерськими виробами, яка досягається використанням фруктової сировини. Остання в свою чергу є джерелом пектину. Саме пектин позитивно впливає на процеси виведення з організму солей важких металів, продуктів розпаду лікарських препаратів, токсичних речовин, і підвищує загальну опірність організму, а також знижує артеріальний тиск і рівень холестерину.

Низькі температурні режими, помірний механічний вплив, наявність пектинових речовин, здатних запобігти окисленню біологічно активних добавок при виробництві збивних кондитерських виробів, дозволяють максимально зберегти корисні властивості внесених нутрієнтів [1].

Більшість лісових ягід і плодів мають лікувальні властивості, бо до їх складу входять біологічно активні речовини — флавоноїди, каротиноїди, вітаміни, органічні кислоти, мінеральні солі, мікроелементи тощо. Вони володіють чітко вираженою фізіологічною дією на організм людини, всіляко доповнюють нашу їжу, а багато з них вміщують вітаміни, інші корисні речовини в кількостях, що значно перевищують їх вміст у культурних рослинах.

Тому **метою даної роботи** є розроблення способу виробництва зефіру шляхом збагачення пюре, отриманого з дикорослих рослин (фізалису, калини та терену) з високим вмістом пектину, поліфенольних сполук та мікронутрієнтів.

Вибір саме цієї сировини обумовлений тим, що дана сировина є цінним джерелом БАР, які знаходяться в ній у легкозасвоюваній формі, а також широко розповсюджена в Україні.

Цілющі властивості калини відомі здавна. Завдяки своєму хімічному складу ці ягоди допомагають зміцнити імунітет і протистояти багатьом хворобам. Стиглі ягоди калини містять до 32 % інвертного цукру, до 82 мг % вітаміну С, пектинові речовини (0,92—1,1 %), каротин (1,4—2,5 мг %), органічні кислоти, поліфенольні сполуки (до 1350 мг %), зокрема антоціанін до 770 мг % та катехінів до 146 мг % [2, 3].

Плоди фізалиса мають надзвичайно багатий і різноманітний хімічний склад: вони містять до 2 % пектину, органічні кислоти, пігменти, флавоноїд кверцетин, дубильні речовини, каротиноїди, вітамін С (46 мг%), гірку речовину фізалін, слиз, цукри. Також плоди є джерелом лікопіну — пігменту з групи каротиноїдів, могутнього антиоксиданту [2—4].

Терен — темно-червоні плоди з синім нальотом і зеленою м'якоттю, що мають в'язучий і терпкий смак. За вмістом рутину плоди терену не поступаються шипшині, аронії, переважають червону смородину. Ягоди терену містять у своєму складі цукри, органічні кислоти, клітковину (2,4 %), стероїди, пектин до 1,2 %, азотовмісні сполуки, тритерпеноїди, вітаміни групи В, вітамін С до 90 мг %, вітамін Е, кумарини, каротин до 2,44 мг %, дубильні речовини, флавоноїди [2, 3].

Важливим аспектом є те, що для виробництва зефіру оздоровчого призначення використовується рослинна сировина, яка містить значну кількість біофлавоноїдів, які здатні переривати ланцюжки реакцій вільнорадикального окислення, тобто виявляють потужний антиоксидантний ефект. Ці речовини дозволяють захистити мембрани клітин від потенційно шкідливих ефектів чи реакцій, які можуть бути викликані надлишковим окисленням в організмі, а також запобігти порушенню функцій мембран клітин організму, погіршенню здоров'я та передчасному старінню.

Результати дослідження. Враховуючи, що обрана нами сировина містить значну кількість реактивних сполук, нами був досліджений вміст поліфенолів у рослинній сировині (таблиця 1). Як видно з представлених даних обрані нами калина, фізалис та терен є значним джерелом фенольних сполук, які здатні гасити вільнорадикальні реакції в організмі людини. Тому їх доцільно поєднувати із зефіром, який містить прості вуглеводи. Останні одразу надходять в кров разом із рослинними антиоксидантами.

Таблиця 1. Вміст фенольних сполук у рослинній сировині

Показник	Калина	Фізаліс	Терен
Фенольні сполуки, мг %	1050	1000	1200
Флавоноли, мг %	46	250	350
Антоціани, мг %	550	50	400

Також калина, фізаліс, терен є цінним джерелом пектину, який є радіопротектором і завдяки наявності метоксильних груп, зв'язує токсичні елементи і виводить їх з організму. Крім того, пектин володіє високою драглетвірною здатністю, що дозволяє отримати форму і забезпечує привабливий вигляд збивним кондитерським виробам. Нами було встановлено, що у досліджуваних зразках вміст пектинових речовин становив для калини 1 %, фізалісу 1,76 %, терену 1,1 %.

Шляхом пробних варок було встановлено оптимальні співвідношення інгредієнтів та технологічні режими, які забезпечують одержання готового виробу високої якості.

Було проведено виготовлення серії пробних виробів з різними відсотками внесення функціональних збагачувачів в кількості від 5 до 15 %. Пюре дикорослих ягід вносилося на стадії змішування з пектином; враховувались такі технологічні режими як час збивання 10—15 хв, температура 18—20 °С на початку та 30—32 °С в кінці збивання. Органолептичні показники виробів наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Органолептична характеристика зефіру з додаванням пюре дикорослих ягід

Показник	Зефір				
	15 % яблучного пюре, 5 % пюре калини, 5 % пюре фізалісу, 5 % пюре терену	15 % пюре калини, 5 % пюре фізалісу, 10 % пюре терену	5 % пюре калини, 10 % пюре фізалісу, 15 % пюре терену	5 % пюре калини, 15 % пюре фізалісу, 10 % пюре терену	10 % пюре калини, 15 % пюре фізалісу, 5 % пюре терену
Форма	властива даному виду виробів				
Поверхня	суха з тонкокристалічною скоринкою, без грубих затвердінь				
Колір	білий з кремовим відтінком	ніжно-рожевий	блідо-рожевий	кремово-рожевий	ніжно-рожевий
Консистенція	м'яка, легко піддається розламуванню				
Структура	рівномірна мілкопориста				
Смак і запах	явно виражені, властиві даному виробу, без стороннього присмаку і запаху	явно виражені, характерні для сировини, з якої виготовлений зефір, з гірким післясмаком	явно виражені, властиві даному виробу, з терпким післясмаком	явно виражені, характерні для сировини, з якої виготовлений виріб, з приємним ягідним присмаком	явно виражені, властиві даному виробу, з ледь гірким післясмаком

При частковій заміні яблучного пюре (30 % у традиційному зефірі) на 15 % яблучного пюре та по 5 % пюре з калини, фізалісу та терену були досягнуті гарні органолептичні показники, зокрема смак та аромат, але не вдається додатково збагатити зефір мікронутрієнтами, поліфенольними сполуками. Тому в подальших дослідках проводили повну заміну яблучного пюре на пюре дикорослих ягід (фізалісу, калини, терену) при їх різних співвідношеннях.

При додаванні 15 % пюре калини, 5 % пюре фізалісу, 10 % пюре терену виріб мав м'яку консистенцію, без деформацій, привабливий ніжно-рожевий колір, але володів гірким післясмаком, це пов'язано з тим, що калина містить в своєму складі гіркоти. Також за розрахунками зменшився вміст пектинових речовин, оскільки саме калинове пюре містить меншу кількість пектину, ніж пюре з яблук, фізалісу та терену.

Виріб з 5 % пюре калини, 10 % пюре фізалісу, 15 % пюре терену мав рівномірну мілкопористу структуру, м'яку консистенцію, яка легко піддається розламуванню, привабливий колір, але володів злегка терпким післясмаком, що пов'язано з вмістом тритерпеноїдів у терені.

При внесенні 5 % пюре калини, 15 % пюре фізалісу та 10 % пюре терену готовий виріб відповідав вимогам нормативної документації за всіма органолептичними показниками, зокрема мав приємний ягідний смак.

Виріб з додаванням 10 % пюре калини, 15 % пюре фізалісу, 5 % пюре терену мав суху без затвердівшої скоринки поверхню, рівномірну мілкопористу структуру, м'яку консистенцію, привабливий колір, але володів гірким післясмаком.

Для подальшого дослідження фізико-хімічних показників нами було обрано такий варіант поєднання пюре дикорослих ягід: 5 % калини, 15 % фізалісу та 10 % терену. Аналіз пробних виробів показує, що близьке поєднання даних видів пюре у такому співвідношенні наділяє готовий виріб високими органолептичними показниками, зокрема приємним смаком та ароматом та дозволяє додатково збагатити зефір біологічно активними речовинами обраної сировини.

Результати фізико-хімічних показників зефіру оздоровчого призначення з використанням пюре дикорослих ягід наведено в таблиці 3.

Встановлено, що масова частка сухих речовин зефіру з додаванням яблучного пюре та зефіру із додаванням пюре дикорослих ягід приблизно однакова, кислотність останнього збільшилась на 0,8 град, а вміст редукуючих речовин на 2,4 %. Піноутворююча здатність збагаченого зефіру зросла на 6 % порівняно з традиційним.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники зефіру з додаванням пюре дикорослих ягід

Показник	Зефір	
	з додаванням яблучного пюре (контроль)	з додаванням пюре дикорослих ягід
Масова частка СР, %	81	80
Кислотність, град	5,3	6,1
Піноутворююча здатність, %	430	436
Вміст редукуючих речовин, %	8,6	10

Рецептуру зефіру з додаванням пюре калини, фізалісу та терену наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Рецепт зефіру оздоровчого призначення, кг/т

Назва сировини	Витрати
Цукор-пісок	671
Цукрова пудра	29,9
Патока	142,9
Пюре калини	50
Пюре фізалісу	150
Пюре терену	100
Яєчний білок	65
Пектин яблучний	13,4
Кислота лимонна	8,5
Лактат натрію	6,8

Зберігання є одним із важливих факторів, що впливає на органолептичні та фізико-хімічні показники готових виробів. Зефір потрібно зберігати в сухих, добре провітрюваних приміщеннях, без стороннього запаху і захищених від потрапляння прямих сонячних променів за температури (18 ± 3) °C і відносній вологості повітря —75—80 % [5]. Правильно виготовлений зефір може зберігатися 1 місяць.

Фізико-хімічні показники зефіру та їх зміна під час зберігання наведено в табл. 5.

Висихання як найважливіший процес при зберіганні пастильних виробів є наслідком втрати ними значної частини вологи за рахунок її випаровування та утворення кристалічної фази. Саме цей процес зумовлює зміну органолептичних і структурно-механічних властивостей пастильних виробів при зберіганні. Так у зефірі з додаванням пюре дикорослих ягід після одного місяця зберігання спостерігалось збільшення вмісту сухих речовин на 9 %, редукуючих цукрів на 3,14 %, а кислотність знизилась на 0,3 град. При зберіганні зефіру оздоровчого призначення порівняно з контролем спостерігалась менша втрата вологи,

більший вміст редукуючих цукрів, але в межах нормативних значень. Форма, структура, колір та смак залишилися не змінними.

Таблиця 5. Зміна фізико-хімічних та органолептичних показників зефіру через один місяць зберігання

Показник	Зефір	
	контроль (з яблучним пюре)	з пюре дикорослих ягід
Масова частка СР, %	92	89
Кислотність, град	5	5,8
Вміст редукуючих речовин, %	11,81	13,14
Структура	рівномірна мілкопориста	рівномірна мілкопориста
Колір	ніжно кремовий	кремово-рожевий
Смак, запах	явно виражені, властиві даному виробу, без стороннього присмаку і запаху	явно виражені, характерні для сировини, з якої виготовлений виріб, з приємним ягідним присмаком

За експериментальними дослідженнями та розрахунками було встановлено, що у зефірі оздоровчого призначення у порівнянні з традиційним (на яблучному пюре) збільшився вміст пектинових речовин та клітковини, флавонолів в 3 рази, флавоноїдів на 36 % та антоціанів на 57 %. Порівняння вітамінно-мінерального складу традиційного зефіру та збагаченого пюре дикорослих ягід показало, що в останньому більший вміст заліза, калію, фосфору, магнію, вітамінів В₁, К та β-каротину.

Висновки. Враховуючи хімічний склад та лікувально-профілактичну дію дикорослих плодів та ягід, використання їх у виробництві зефіру дозволить збагатити його біологічно активними речовинами, підвищити антиоксидантні та радіопротекторні властивості, подолати дефіцит мінеральних речовин, надати готовому виробу оздоровчих властивостей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скобельская З.Г. Технология производства сахаристых кондитерских изделий / З.Г. Скобельская, Г.Н. Горячева— М.: ИРПО, 2002. — 416 с.
2. Формазюк В.И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений / В.И. Формазюк. — К.: А.С.К., 2003. — 792 с.
3. Рыбицкий Н.А. Дикорастущие плоды и ягоды и их переработка / Н.А. Рыбицкий, И.С. Гаврилов — Пермь: Треугольник, 1994. — 254 с.
4. Сокольский И.Н. Физалис или пустырная трава / И.Н. Сокольский // Наука и жизнь — 2007 — №9 — С. 10—12.
5. Вироби кондитерські пастильні. Загальні технічні умови: ДСТУ ГОСТ 6441-2003 — [Чинний від 2003-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. — 20 с. (Національні стандарти України).

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗЕФИРА ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.О. Башта, В.В. Ковальчук

Национальный университет пищевых технологий

В работе подтверждена целесообразность использования в технологии зефира нового нетрадиционного сырья (пюре физалиса, калины и терна), что позволяет создать готовый продукт оздоровительного назначения с хорошим вкусом и внешним видом, повышенной пищевой ценностью.

Применение именно этого сырья в технологии зефира позволяет обогатить его значительным количеством БАВ, содержание которых в традиционном зефире является незначительным, расширить ассортимент зефирных изделий и ассортимент кондитерских изделий оздоровительного назначения.

Ключевые слова: зефир, физалис, калина, терн, пектиновые вещества, полифенольные соединения.

STUDYING THE PROPERTIES OF HYDROCOLLOIDS DURING FREEZING-DEFROSTING

M.A. Yancheva, V.A. Bolshakova, T.S. Zheleva

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

freezing, defrosting, crystallization, hydrocolloids, frozen meat chopped semi-finished products.

Article history:

Received 22.03.2014

Received in revised form 25.10.2014

Accepted 18.11.2014

Corresponding author:

taniysha_89@mail.ru

ABSTRACT

One of the latest trends in the global market is frozen foods. Taking into consideration this factor the article is devoted to the research in the sphere of the food industry that allow determining rheological and cryoscopic properties of hydrocolloids cryoscopic in order to regulate the negative consequences of the process of crystallization during freezing of meat. Analytical review of the scientific literature showed that there is not any systematic research on this question. Thus, the purpose of this research was to study the properties of hydrocolloids during freezing and defrosting for the purposeful use in technologies of the frozen meat chopped semi-finished products. Therefore, depending on the concentration, solutions viscosity was determined during freezing-defrosting, the temperature of the beginning of crystallization, ranges of temperature of ice formation and melting of the frozen moisture, the mass fraction of the frozen moisture. The results presented for consideration prove the influence of hydrocolloids on the nature of the crystallization and the flow of physical and chemical processes under low temperatures and the possibility of purposeful use in technologies of the frozen meat chopped semi-finished products.

ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОКОЛОЇДІВ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ЗАМОРОЖУВАННЯ-РОЗМОРОЖУВАННЯ

М.О. Янчева, канд. техн. наук, В.А. Большакова, канд. техн. наук

Т.С. Желева, аспірант

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Вивчено властивості гідроколоїдів під час заморожування-розморожування для цілеспрямованого використання у технологіях м'ясних заморожених посічених напівфабрикатів.

Встановлено, що їх використання дозволить впливати на характер кристалізації і протікання фізико-хімічних процесів у м'ясній сировині під час заморожування-розморожування.

Ключові слова: заморожування, розморожування, кристалізація, гідроколоїди, заморожені м'ясні посічені напівфабрикати.

Вступ. Щорічно у світі збільшується товарообіг заморожених продуктів. Виробництво даної продукції здійснюють понад 350 компаній світу, серед яких провідне місце займають компанії США, Угорщина, Польща, Голландія, Франція, Італія, Японія та ін.

Однією з останніх тенденцій ринку напівфабрикатів є збільшення обсягів виробництва заморожених напівфабрикатів, зокрема, посічених. Ще 10—15 років тому в Україні заморожені м'ясні посічені напівфабрикати не становили значної частки у виробництві великих м'ясопереробних підприємств. Зараз ситуація змінилася: на полицях магазинів можна побачити широкий асортимент напівфабрикатів на будь-який смак, а за інтенсивністю їх споживання експерти судять про рівень благополуччя населення. У зв'язку з прискореним

ритмом життя зростання популярності заморожених напівфабрикатів обумовлено мінімізацією витрат часу на приготування, що робить їх досить затребуваними серед працюючої частини населення молодого і середнього віку.

Продукція різних виробників на українському ринку заморожених продуктів і напівфабрикатів має схожі товарознавчо-технологічні характеристики та властивості, тому важливим є дослідження ринку, аналіз споживчих переваг і основних тенденцій, безперервний пошук ноу-хау, модернізація виробничих потужностей [1].

Проблема вдосконалення технології м'ясних заморожених напівфабрикатів багатогранна, що вимагає використання певних технологічних інновацій. Однією з таких інновацій є використання гідроколоїдів у технологіях заморожених м'ясних напівфабрикатів.

Заморожування забезпечує тривале низькотемпературне зберігання за рахунок запобігання розвитку мікробіологічних процесів і істотного уповільнення швидкості біохімічних і фізико-хімічних реакцій. Цей метод консервування є одним з найбільш поширених та за оптимальних умов здійснення процесу заморожування забезпечує високий ступінь збереження споживчих властивостей продуктів.

Однак процес заморожування призводить до кріпошкодження тканин м'ясної сировини. Вплив процесів заморожування і розморожування на якість м'ясної сировини провідні вчені та дослідники пояснюють з позиції теорії кристалізації води, що призводить до зміни теплофізичних, структурно-механічних, функціонально-технологічних та інших характеристик системи [3]. Серед великої кількості технологічних факторів, що визначають якість заморожених м'ясних напівфабрикатів, вирішальна роль належить умовам заморожування (температура, швидкість руху охолоджувального середовища) і характеристиці об'єкта заморожування.

Найбільш вагомі чинники, що зумовлюють пошкодження м'ясної сировини під час заморожування, пов'язані з фазовими і фазово-структурними перетвореннями. Ступінь пошкодження залежить від кінетики кристалізації і росту кристалів, їх форми і розміру, характеру розподілу рідини в кристалічній матриці, інтенсивності рекристалізації тощо [2]. Масова частка води, що вимерзає у продукт, залежить від її загального вмісту, форми та міцності зв'язку зі структурними елементами, температури заморожування тощо. Виморожування рідкої фази м'ясної сировини призводить до збільшення концентрації сухих речовин, що збільшує ймовірність різних небажаних реакцій. Відповідно, зниження кількості вимороженої води повинно знижувати інтенсивність необоротних процесів.

Процес виморожування води являє собою процес перетворення рідини в кристалічний стан, а його сутність виражається в переході від структури рідини до структури твердої кристалічної речовини. Особливості взаєморозташування молекул води у структурі льоду зумовлені наявністю водневих зв'язків. Також на структуру кристалів льоду впливають розчинені речовини. Так, структурний стан води має безпосередній вплив на процеси льодоутворення, які, в свою чергу, визначають найбільш важливі якісні характеристики м'ясних заморожених напівфабрикатів.

Запобігти пошкодженню тканин м'ясної сировини в результаті дії низьких температур в процесі заморожування можливо шляхом використання харчових інгредієнтів, які нівелюють негативні наслідки процесу кристалізації. До таких харчових інгредієнтів можна віднести харчові добавки полісахаридної природи, зокрема гідроколоїди. Гідроколоїди, або гідрофільні колоїди являють собою органічні сполуки різного походження (тваринного, рослинного або мікробіологічного), які за своєю природою найчастіше є полісахаридами зі складною хімічною структурою. Молекули гідроколоїдів є лінійними або розгалуженими полімерними ланцюгами, згорнутими в клубки. Наявність великої кількості гідроксильних груп помітно збільшує їх здатність зв'язувати молекули води та утворювати в'язкі дисперсії і/або гелі при диспергуванні у середовищі, що містить вільну вологу [4].

Гідроколоїди широко використовуються у всіх галузях харчової промисловості, виконуючи при цьому різні функції: підвищення в'язкості, гелеутворення, плівкоутворення, піноутворення, поліпшення стабільності при нагріванні, поліпшення стабільності при заморожуванні-відтаванні, запобігання росту кристалів, інкапсулювання. Однак не всі гідроколоїди функціонують однаково за різних значень рН та концентрацій електролітів, термічній обробці, мають неоднакову стійкість при зберіганні тощо. Отже, перше завдання, яке стоїть перед виробниками, є вибір найбільш оптимального гідроколоїду з огляду на мету його використання, а зробити цей вибір досить проблематично, враховуючи їх різноманітність на ринку.

При виборі гідроколоїду необхідно керуватися такими критеріями:

1) функціонально-технологічні властивості гідроколоїду в кінцевому харчовому продукті (необхідно визначитися із текстурою, яку вимагає кінцевий продукт і тою, яку надає гідроколоїд);

2) механізм дії гідроколоїду і фактори, які впливають на нього (більшість гідроколоїдів поставляються у вигляді порошків, а максимальна функціональність гідроколоїдів в більшості випадках досягається при повному його розчиненні; при їх розчиненні, температура розчинника, а також наявність інших інгредієнтів будуть впливати (потенційно як позитивно, так і негативно) на розчинність);

3) сфера використання (гідроколоїди можуть бути використані як поодинокі, так і в різних комбінаціях, при цьому кінцевий результат буде різним);

4) джерело отримання гідроколоїду [5].

Механізм дії гідроколоїдів в технологіях м'ясних заморожених напівфабрикатів ґрунтується на зниженні рухливості води і утворенні кристалів льоду менших розмірів і в більшій кількості. Це ймовірно буде призводити до зменшення ступеня пошкодження м'ясних волокон, зниження кількості вимороженої води, зменшенню втрат при заморожуванні-розморожуванні і тепловому обробленні [4].

Розв'язання проблеми регулювання процесу кристалізації у м'ясних системах залишається актуальним і потребує подальших досліджень щодо розуміння ролі харчових добавок та інгредієнтів, закономірностей зміни їх властивостей під впливом технологічних факторів.

Мета досліджень. Метою досліджень стало вивчення властивостей водних розчинів гідроколоїдів під час заморожування-розморожування для цілеспрямованого використання у технологіях м'ясних заморожених посічених напівфабрикатів.

Методика досліджень. Як предмети дослідження обрано: к-карагінан, і-карагінан, альгінат натрію, карбоксиметилцелюлозу (КМЦ), метилцелюлозу (МЦ), камеді, а саме ксантану, гуару, ріжкового дерева і тари, показники якості та безпечності, відповідно до вимог діючих в Україні нормативних документів.

Ступінь прояву фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей даних добавок і рівномірність їх розподілу в структурі м'язової тканини залежить від їх концентрації. Тому, залежно від концентрації гідроколоїдів, проведено дослідження з визначення в'язкості їх розчинів під час заморожування-розморожування, температури початку кристалізації, діапазонів температур льодоутворення і плавлення вимороженої води, масової частки вимороженої води.

Дослідження ефективної в'язкості проводили за допомогою ротаційного віскозиметра сталої напруги зсуву ВПН-0,2М за швидкості зсуву $50...250 \text{ c}^{-1}$. Для кріоскопічних досліджень використовували низькотемпературний калориметр. Діапазони температур льодоутворення і плавлення, а також масову частку вимороженої води визначали за методикою, яка ґрунтується на вимірюванні кількості теплоти, що виділяється під час кристалізації вільної води в системі. Добавки досліджували у вигляді водних розчинів з концентраціями 0,1...1 %.

Результати досліджень. Проведені дослідження впливу заморожування-розморожування на в'язкість розчинів різної концентрації гідроколоїдів дають змогу стверджувати, що заморожування впливає на показники в'язкості всіх розчинів гідроколоїдів та не впливає на характер рідин. Для отриманих кривих при збільшенні швидкості зсуву настає уповільнене з часом зменшення в'язкості, що характерно для тиксотропних рідин.

Після розморожування в'язкість 1%-их розчинів збільшилась в 1,2 рази для КМЦ та МЦ, в 2,3 рази — для альгінату натрію. Процес заморожування-розморожування по-різному впливає на показники в'язкості камедей. В'язкість після розморожування 1 %-го розчину камеді гуару зменшилась в 1,1 рази, розчину камеді ріжкового дерева — в 2,4 рази. У інших камедей після розморожування спостерігається збільшення в'язкості 1 %-их розчинів (в'язкість розчинів камеді ксантану збільшилась в 1,1 рази, камеді тари — в 2,8 рази). Збільшення в'язкості розчинів гідроколоїдів впливає на структуру кристалічної решітки та перешкоджає переміщенню вимороженої води.

Аналіз отриманих результатів кріоскопічних досліджень свідчить, що збільшення концентрації гідроколоїдів впливає на температуру початку кристалізації, діапазони температур льодоутворення-плавлення та масову частку вимороженої води. Встановлено, що зі збільшенням концентрації у більшості гідроколоїдів зменшується температура льодоутворення (на $1,1...4,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$), збільшується швидкість плавлення, яка в свою чергу завжди більше,

ніж швидкість льодоутворення. Діапазони льодоутворення більші ніж діапазони плавлення на 0,5...1,1 °С для розчинів гідроколоїдів з концентрацією 1 %. Діапазон температур льодоутворення визначається теплофізичними властивостями зразка та зовнішнім теплообміном. Вважаючи, що умови для зовнішнього теплообміну сталі, то чим більше цей діапазон, тим більший тепловий опір зразка, тобто теплопровідність менша. Це означає, що розчини гідроколоїдів мають ще пластифікуючу дію на процес льодоутворення. Суттєве розширення діапазонів льодоутворення та плавлення спостерігається для розчинів КМЦ, альгілату натрію, камедей ксантану, ріжкового дерева та тари всіх концентрацій. Зі збільшенням концентрації добавок кількість вимороженої води зменшується (для розчинів концентрацією 0,5 % становить 83...96 %, для 1 % розчинів — 54...88 %).

Висновки. Таким чином, гідроколоїди впливають на характер кристалізації під дією низьких температур. Проведені дослідження підтверджують зворотність властивостей розчинів всіх гідроколоїдів, окрім камедей гуару та ріжкового дерева. Враховуючі всі показники, використання альгілату натрію, камедей ксантану та тари у технологіях заморожених м'ясних напівфабрикатів дасть змогу впливати на перебіг фізико-хімічних процесів у м'ясній сировині під час заморожування-розморожування. Подальша робота в даному напрямку дозволить вирішити проблеми стабілізації структури, збереження функціонально-технологічних та споживних властивостей заморожених м'ясних посічених напівфабрикатів, розширення їх асортименту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколов А.Н. Рынок полуфабрикатов Украины / А.Н. Соколов // Мясной бизнес. — 2011. — №10. — С. 68—72.
2. Пак А.О. Влияние композиции криопротекторной дии на количество вимороженої вологи у м'ясних січених напівфабрикатів / А.О. Пак, М.О. Янчева, Ю.В. Яковлева // Тематичний збірник наукових праць Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. — 2011. — Вип. 27. — С. 281—286.
3. Пушкарь Н.С. Введение в криобиологию / Н.С. Пушкарь. — К.: Наукова думка, 1975. — 343 с.
4. Филлипс Г.О. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс; пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой, Л.А. Сарафановой. — СПб.: ГИОРД, 2006. — 536 с.
5. Hollingworth C.S. Hydrocolloids — How to choose? // Brenntag Food & Nutrition Europe. — 2011. — № 1. — P. 2—9.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ГИДРОКОЛОИДОВ В ПРОЦЕССЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ-РАЗМОРАЖИВАНИЯ

М.О. Янчева, В.А. Большакова, Т.С. Желева

Харьковский государственный университет питания и торговли

Изучены свойства гидроколлоидов при замораживании-размораживании для целенаправленного использования в технологиях мясных замороженных рубленых полуфабрикатов. Установлено, что их использование позволит влиять на характер кристаллизации и протекания физико-химических процессов в мясном сырье при замораживании-размораживании.

Ключевые слова: замораживание, размораживание, кристаллизация, гидроколлоиды, замороженные мясные рубленые полуфабрикаты.

THE CULTURE OF BEER DRINKING

V. Domareckij, A. Kuts, M. Karputina

National University of Food Technologies

Key words:

the culture
of consumption,
beer,
bioactive substance,
unit

Article history:

Received 16.05.2014

Received in revised

form 22.09.2014

Accepted 28.09.2014

Corresponding author:

lady_margo@meta.ua

ABSTRACT

The general estimation of positive qualities of beer which at its reasonable consumption, allow improving a metabolism in a human body is made, to strengthen cardiac muscles, to egestion stones from kidneys, to calm nervous system and to improve mood. The basic postulates of culture of consumption of beer are thus characterised, adhering which it is possible to receive the maximum positive effect from this drink. Recommendations concerning a kind and a container material, and also optimum time of the use of beer, its temperature, quantity, a interrelationship with other foodstuff are made. It is simultaneously noted, to what organoleptic beer indicators the consumer correctly to estimate quality of this drink should pay attention. The conclusion is drawn, that under condition of the moderate and correct consumption of beer it is possible to expect improvement of many functions of a human body as this product is a source of valuable food components: salts of phosphoric acid, fibers, amino acids, micro-and macrocells, water-soluble vitamins of group B and P etc. Thus, beer is valuable foodstuff which raises a tone of an organism and simultaneously positively influences health of the person.

КУЛЬТУРА СПОЖИВАННЯ ПИВА

В.А. Домарецький, д-р техн. наук

А.М. Куц, канд. техн. наук

М.В. Карпутіна, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Зроблено загальну оцінку позитивних властивостей пива, які при його помірному вживанні, дозволяють покращити обмін речовин в організмі людини, зміцнити серцеві м'язи, відвести каміння з нирок, заспокоїти нервову систему та покращити настрій. Надані рекомендації відносно виду та матеріалу тари, а також найбільш сприятливого часу споживання пива, його температури, кількості, поєднання з іншими продуктами харчування.

Зроблено висновок, що за умов помірного та правильного вживання пива можна очікувати покращення багатьох функцій організму людини, так як цей продукт є джерелом цінних харчових компонентів: солей фосфорної кислоти, білків, амінокислот, мікро- та макроелементів, водорозчинних вітамінів групи В і Р та ін.

Ключові слова: культура споживання, пиво, біологічно активні речовини, юніт.

Вступ. Здорове населення, яке відрізняється високою культурою — запорука успіху будь-якого суспільства. У зв'язку із цим культурі споживання алкогольних та слабо-алкогольних напоїв приділяється велика увага у багатьох країнах світу. Саме до таких напоїв відноситься пиво.

Шумери, які проживали біля 4000 років до н.е. на території Давнього Вавилону (сьогодні — це Ірак), говорили: «Не знати пива — не знати життя і радощів». Вони виготовляли пиво із ячменю. Пиво без хмелю представляло собою зброжену хлібну масу, яка вживалася не як напій, а як їжа.

Пиво також було обов'язковим напоєм у раціоні харчування єгипетських фараонів більш ніж 5000 років назад. Однак роль пива у єгипетському суспільстві не обмежувалась лише

роллю звичайного напою. Його використовували у релігійних обрядах, при лікуванні різних захворювань, а також воно вважалось гідним фараонів подарунком.

На території України вперше згадування про виробництво пива у Львові відноситься до 1384 року. В ті часи, як і в давнині, пиво регулярно вносилося до переліку страв, що подаються до столу королів.

Сьогодні споживачі пива повинні володіти об'єктивною інформацією щодо високих біологічних і фізико-хімічних властивостей цього напою, які обумовлені наявністю в ньому біологічно активних речовин (вітамінів В₁, В₂, РР, ферментів, простих вуглеводів, складного білку ліпопротеїну, незамінних і замінних амінокислот та ін.), макро- і мікроелементів (калій, магній, фосфор, кремній, цинк, тощо), завдяки чому в помірних кількостях пиво виконує оздоровчі і лікувально-профілактичні функції [1].

Мета досліджень. Враховуючи те, що пиво є слабоалкогольним напоєм важливою є пропаганда основ культури споживання даного продукту. Метою досліджень було виявити основні особливості споживання пива молоддю нашої країни та надати відомості щодо якості, фізіологічних властивостей та культури споживання даного напою населенню країни.

Матеріали та методи. В дослідженнях було використано методи опитування респондентів та статистичної обробки отриманих даних.

Результати досліджень. Для оцінки особливостей споживання пива населенням нашої країни віком до 30 років, визначення першочергових смакових вподобань споживачів було проведена опитування студентської молоді, результати якого представлені у таблиці.

Таблиця. Результати опитування споживачів пива віком до 30 років

Запитання	Кількість споживачів	% споживачів
Як часто ви споживаєте пиво:		
ніколи	20	4
один раз на тиждень	75	15
декілька разів на тиждень	130	26
раз на місяць	100	20
декілька разів на місяць	175	35
декілька разів на рік	0	0
Пиву яких виробників надаєте перевагу:		
вітчизняних	425	85
іноземних	75	15
Якому сорту пива надаєте перевагу:		
світлому	350	70
темному	150	30
В яких умовах зазвичай споживаєте пиво:		
вдома	200	40
на природі	75	15
в пабах або інших закладах відпочинку	125	25
скрізь	100	20
Чи замислюєтесь ви над властивостями та користю або шкодою пива під час споживання		
так	325	65
ні	175	35
Всього респондентів:	500	100

Аналізуючи отримані дані можна відмітити, що пиво є, безумовно, популярним напоєм серед молоді. Про це свідчить той факт, що більше 40 % студентів споживає пиво не менше ніж раз на тиждень, причому більшість (85 %) надають перевагу вітчизняним маркам пива. Однак, слід відмітити, що не всі опитані респонденти замислюються над значенням пива для здоров'я людини, вірно обирають умови, в яких цей напій слід споживати, а іноді навіть перевищують рекомендовану для споживання дозу.

Згідно даних Міжнародної організації праці (ILO) стандартна доза алкоголю вимірюється в юнітах (U). Один юніт дорівнює 12,8 г чистого алкоголю. Помірюване вживання алкоголю для чоловіків має бути менше, ніж 14 U щотижня, а для жінок — менше ніж 9 U, але не більше 5 U алкоголю за один день як для чоловіків, так і для жінок. Бажана наявність принаймні 3 днів на тиждень вільних від вживання алкоголю. В одній європляшці пива

місткістю 0,33 дм³ при міцності напою 4 % об. міститься 1 U алкоголю. Тому помірковане тижневе вживання пива, виходячи із встановлених норм, для чоловіків становить менше ніж 14 європляшок, а на добу — менше 2 європляшок, відповідно для жінок на добу рекомендовано вживати не більше 1,3 європляшки [2].

В Європі споживання пива на душу населення на рік становить, дм³: в Чехії і Німеччині — 160, в Росії і Польщі — 80, а в Україні — лише 61. За умови відповідального та помірнього споживання пива людина отримує задоволення від хмільного напою, який має багатовікову історію та мільйони шанувальників у всьому світі. При цьому форма споживання пива повинна ґрунтуватися на високій культурі — скільки і як пити, з якими продуктами і т.п.

По-перше, необхідно відмітити недопустимість вживання пива особами до 18 років, вагітним жінкам, годувальницям та водіям будь-якого виду транспорту.

По-друге, споживати пиво слід відповідально, враховуючи особливості власного здоров'я, тобто відповідно норм, встановлених медиками і фізіологами розвинутих країн світу.

Споживач повинен усвідомити, що за умови помірнього вживання пива воно:

- позитивно впливає на перетравлюваність їжі та покращує діяльність шлунково-кишкового тракту;
- підвищує рівень гемоглобіну в крові і є джерелом солей фосфорної кислоти, білків та амінокислот;
- знижує біль та уповільнює розмноження шкідливих бактерій, завдяки активним речовинам хмелю, тому певною мірою має протизапальну та бактеріальну дію (ідентичну червоному вину та зеленому чаю);
- поліпшує обмін речовин;
- зміцнює серцеві м'язи;
- заспокоює нервову систему та піднімає настрій;
- виводить з нирок каміння, завдяки наявності в пиві великої кількості калію (до 500 мг/дм³ пива);
- зміцнює кістки (за рахунок кремнію);
- корисно для розумової діяльності (у хмелі та солоді багато водорозчинних вітамінів групи B і P);
- пришвидшує ріст волосся;
- допомагає у лікуванні хвороб серця, діабету, ожиріння та остеопорозу.

Останніми дослідженнями вчених з Тель-Авівського університету молекулярної мікробіології і біотехнології встановлено [4], що кава і пиво протилежно впливають на геном людини. З'ясувалось, що кофеїн скорочує, а алкоголь у вигляді напою з вмістом 5—7 % об. етанолу збільшує тіломери — кінцеві ділянки хромосом, що захищають ДНК від пошкоджень. Таким чином, вони вперше визначили фактори навколишнього середовища, що змінюють довжину тіломер і показали, як це здійснюється. А це, в свою чергу, є черговим внеском у профілактику і лікування хвороб людини.

Тіломери знаходяться на хвостах хромосом і входять до складу кожної клітини. Під час кожного її ділення тіломери укорочуються. Коли вони стають менше критичної величини, клітини перестають ділитися і або старіють, або гинуть. Укорочення тіломер супроводжується підвищенням ризику діабету, серцево-судинних недугів, хвороби Альцгеймера і деяких видів раку.

Виробництво пива неможливе без використання хмелю. Ця рослина чемпіон по природному естрогену — головному жіночому гормону. Тому чоловікам пиво пити небажано. А от у жінок хміль може допомогти вирішити багато гормональних проблем: нормалізувати менструальний цикл, поліпшити якість шкіри і навіть позбавити від безпліддя, в т.ч. і так званого психологічного, коли проблема не настання вагітності викликана тривогою і зацикленістю. Відомо, хміль ще й седативний засіб, він має яскраво виражені бактерицидні властивості і жовчогінну дію [5].

В світі виробляється величезна кількість сортів пива. Але дослідження в цьому напрямі не припиняються.

Так, співробітники Інституту здоров'я університету Гріффіна (м. Квінсленд Австралія) намагалися вирішити одне протиріччя. З одного боку бокал холодного пива посеред літньої спеки — відмінний спосіб втамувати спрагу, але з іншого — воно підсилює обезводнення організму. Тому було запропоновано перетворити пиво в ізотопічний напій. Вони трохи знизили вміст алкоголю і додали електролітів у вигляді солей калію, натрію, хлору та ін.

Отримане пиво з електролітами по-перше, на третину ефективніше насичує тіло рідиною, по-друге, смак його при цьому абсолютно не змінюється, по-третє, пиво, що не веде до зневоднення, не викликає і похмілля [6].

Культура споживання пива спрямована на підвищення рівня знань про цей напій, його технологію та вплив на організм людини. При цьому культура споживання пива ґрунтується на основних правилах його професійної дегустації. На вечірках, сімейних святах, пікніках або в інших умовах пиво слід споживати дотримуючись добової норми.

Відносно рівня культури споживання пива, то нам далеко до країн з сформованими цивілізованими традиціями вживання пінного напою, де гуляння з відкритою пляшкою відсутні, що, нажаль, в останній час стало дуже поширеним явищем серед населення нашої країни, особливо молоді. Було б естетично і доцільно, якби споживачі пива перебазувались з вулиць і дворів до затишних барів, кафе, ресторанів або до приємної компанії друзів і однодумців, до теплої застілля.

Сьогодні в Україні збільшується кількість спеціалізованих закладів для яких пивна культура і традиції — основоположні елементи дизайну, меню та обслуговування клієнтів із національним та західноєвропейським колоритом. В цих закладах пивна карта налічує кілька десятків сортів українського та закордонного пива. Все це створено для тих споживачів пива, які вміють організовувати свій відпочинок і цінують приємне спілкування за келихом благородного напою.

Якщо споживач пива хоче отримати максимальну насолоду від нього, він повинен взяти класичний пивний посуд — скляний чи керамічний, злегка звужений доверху, а головне — чистий та сухий. Пиво слід пити охолодженим до температури 6...8 °С, коли найкраще проявляються усі смакові особливості даного напою. В будь-яких випадках пиво не повинно бути теплішим, ніж 10 °С і холоднішим, ніж 5 °С, інакше воно втрачає притаманні йому природні смак і аромат. Професійні дегустатори радять випивати $\frac{2}{3}$ бокалу швидко, а потім повільно, не поспішаючи, смакувати решту.

В гарячу літню пору краще пити світлі сорти пива, в холодний період — міцні сорти пива з підвищеним вмістом алкоголю. У вечірній час — темні сорти пива, при виробництві яких використовується карамельний солод. Наповнювати бокал слід при спокійному витіканні пива із пляшки в центр бокалу з висоти 3 см над краєм посудини. Нефільтроване пиво слід наливати в бокал по стінці, не відриваючи горловину пляшки від бокалу.

Споживач пива може визначати якісну характеристику цього благородного напою за такими показниками:

- висота піни (згідно стандарту висота піни повинна бути не менше ніж 40 мм, мати вигляд сметани білого кольору);
- стійкість піни — не менше 4 хв.;
- зовнішній вигляд — прозоре без сторонніх включень і осаду;
- колір світлого пива повинен бути світло-солом'яний без коричневого відтінку, а темного — темно-бурштиновий;
- за ароматом — чистий, свіжий, виражений відповідно даному типу пива;
- за смаком — чистий, повний (світле пиво оцінюється за гіркотою хмелю, темне — за солодовим смаком) [1].

Які ж продукти повинні знаходитись на столі при помірному вживанні пива? Це страви із молоді телятини або піджареного чи копченого м'яса із свинини та дикої птиці, рагу з картоплі та овочів, зелень, благородна (не тюлька чи оселедець) просолена риба, просолені хрумкі вироби із зернових культур, жирний сир.

Частина потенційних споживачів пива, особливо представники прекрасної половини людства, не вживають пива, так як від нього начебто повніють. Але фізіологами доведено, що це міф, так як в 100 см³ пива залежно від сорту міститься від 42 до 63 ккал енергії, що, відповідає калорійності кефіру або яблучного соку, що дозволяє відносити пиво до малокалорійних продуктів. Тобто, можна відмітити, що в більшості випадків споживачі повніють не від пива, а від їжі, яку вони вживають разом з ним [3].

З пивом, як і з вином, необхідно поводитися як з живим організмом, тобто, його не можна швидко охолоджувати або нагрівати, перемішувати, переливати з одного бокалу в інший, стукати по бокалу, щоб пиво не окислювалось і «не заснуло». Не рекомендується змішувати пиво з іншими напоями. Головна умова: щоб в повній мірі одержати насолоду і задоволення від вживання цього бурштинового напою — це приємна атмосфера і тепла дружня компанія.

На кращих пивзаводах України для продовження терміну зберігання проводиться пастеризація пива в потоці при температурі 72 °С протягом 32 сек. Потім проводиться швидке охолодження пива до температури 5...8 °С і тільки після цього пиво розливається в пляшки або кеги. Такий режим пастеризації є оптимальним, що дозволяє стабілізувати напій за рахунок знешкодження наявної живої мікрофлори, зберегти його первинні природні смак і аромат протягом шести місяців.

Деякі підприємства при маркуванні і рекламі використовують термін «живе пиво», що не передбачено нормативними документами. Це лише успішний маркетинговий прийом, яким приваблюють частину споживачів і тільки.

Між тим слід відмітити, що збільшенню популярності цього корисного напою, а також підвищенню культури його споживання в нашій країні сприяють фестивалі пива, які вже не перший рік проходять в Києві (наприклад, SeptemberFEST), Львові, автономній республіці Крим та інших містах. На цих фестивалях в рамках культурної програми споживачам надається можливість ознайомитись з різними сортами пива як вітчизняних, так і іноземних виробників. Саме на таких заходах, дегустуючи пиво в здоровій культурній атмосфері спілкування між людьми, споживач звикає відноситись до пива, як до особливого напою, вартого високої оцінки та культури споживання.

Висновки. В результаті проведених досліджень виявлені основні тенденції споживання пива молоддю нашої країни. Зроблену основний висновок, що споживачам пива необхідно знати і усвідомлювати, що за умов помірного та правильного вживання цей напій покращує самопочуття людини, її настрій, і, крім того сприяє налагодженню багатьох функцій в організмі людини, а саме: очищує нирки і печінку, вивимає шкідливі речовини із організму, виводить канцерогенні сполуки і знижує ризик онкологічних захворювань, і тому в цілому пиво є унікальним та корисним продуктом.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства*: підруч. / 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. — 472 с.
2. *Всегда есть за и против* //Контракты за месяц. — 2009, № 11—12, ноябрь. — С. 60—61.
3. *Esther J.J. The Complete Encyclopedia of Beer: An Expert & Comprehensive Directory to the Beers of the World* / J. J.Esther, Verhoef-Verhallen // Chartwell Books Inc. — 2004. — 304 p.
4. *Електронний ресурс*: <http://www.rg.ru/2013/12/06/pivo-kofe-site.html>
5. *Електронний ресурс*: <http://kriminal.tv/news/vino-i-pivo-ochistjat-organizm-i-vilechat-besplodie.html>
6. *Електронний ресурс*: <http://www.rg.ru/2013/08/22/pivo.html>

КУЛЬТУРА ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИВА

В.А. Домарецький, А.М. Куц, М.В. Карпутіна

Національний університет харчових технологій

Сделана общая оценка позитивных качеств пива, которые при его умеренном потреблении, позволяют улучшить обмен веществ в организме человека, укрепить сердечные мышцы, вывести камни из почек, успокоить нервную систему и улучшить настроение. Представлены рекомендации относительно вида и материала тары, а также наиболее благоприятного времени употребления пива, его температуры, количества, соотношения с другими продуктами питания.

Сделан вывод, что при условии умеренного и правильного потребления пива можно ожидать улучшения многих функций человеческого организма, так как этот продукт является источником ценных пищевых компонентов: солей фосфорной кислоты, белков, аминокислот, микро- и макроэлементов, водорастворимых витаминов группы В и Р и т.д.

Ключевые слова: культура потребления, пиво, биологически активные вещества, юнит.

УДК 663:44

FACTORS AFFECTING THE SYNTHESIS OF SULPHUR DIOXIDE IN BEER

B.I. Hivrich, B.V. Rozdobudko

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
beer, fermentation, sulfur dioxide, yeasts	The influence of different yeast, and basic technological factors on the content of sulfur dioxide in beer.
Article history: Received 5.04.2014 Received in revised form 8.04.2014 Accepted 25.04.2014	Established that yeast actively synthesizing sulfur dioxide in the first 3—5 days of fermentation. At the stage of fermentation, the content of sulfur dioxide may be virtually no variable or decrease. Increased concentrations of wort leads to higher content of sulfur dioxide in beer, with the greatest synthesis of sulfur dioxide occurs within solids concentration of 10 % to 12 %, while increasing the concentration of solids in the original wort decreases the intensity of synthesis. Dry yeast synthesize smaller amount of sulfur dioxide. By increasing the concentration of yeast cells in the wort of 15 million/ml to 25 million/ml and increase the degree of aeration of wort oxygen in the range of 4 to 12 mg/l leads to a decrease in the synthesis of sulfur dioxide in beer.
Corresponding author: boris_rozdobudko@ukr.net	

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СИНТЕЗ ДІОКСИДУ СІРКИ В ПИВІ

Б.І. Хіврич, канд. техн. наук, Б.В. Роздобудько, аспірант

Національний університет харчових технологій

Проведено дослідження впливу різних рас дріжджів, а також основних технологічних факторів на вміст діоксиду сірки в пиві. Встановлено, що дріжджі активно синтезують діоксид сірки в перші 3—5 днів зброджування сусла. На стадії доброджування пива, вміст діоксиду сірки може залишатися практично без змін, або зменшуватися.

Збільшення масової частки сухих речовин початкового сусла призводить до підвищення вмісту діоксиду сірки в пиві, при чому найбільше синтезується діоксиду сірки в межах масової частки сухих речовин від 10 % до 12 %, а при збільшенні масової частки сухих речовин в початковому суслі інтенсивність синтезу зменшується. При збільшенні концентрації дріжджових клітин в суслі від 15 млн/мл до 25 млн/мл, а також при збільшенні ступеня аерації сусла киснем від 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ призводить до зменшення синтезу діоксиду сірки в пиві.

Ключові слова: пиво, бродіння, діоксид сірки, дріжджі.

Вступ. На смак і аромат пива впливає великий спектр сполук: вищі спирти, ефіри, альдегіди, сірковмісні речовини та ін. Вони також є невід'ємною частиною пива, а якщо їх вміст перевищує поріг відчуття, то вони надають напою небажаний смак і аромат.

Діоксид сірки (SO₂) за класифікацією смаків і ароматів пива, прийнятих Європейською пивоварною конвенцією (англ. скорочено ЕВС) має індекс 0710, який характеризує запах «запалюючого сірника» [1]. За міжнародною класифікацією харчових добавок SO₂ відносять до групи консервантів з порядковим номером E220. Зазвичай вміст його в пиві становить менше 10 мг/дм³. Поріг відчуття в пиві у вільному стані становить біля 7 мг/дм³, а в зв'язаному — 25 мг/дм³ [1,2].

Необхідність контролювання і регулювання вмісту SO₂ в пиві пов'язана, з одного боку з тим, що невелика його кількість позитивно впливає на органолептичні показники пива, надає

йому відчуття свіжості, пригнічує небажані ферментативні процеси, що можуть відбуватися під час зберігання пива [2]. Завдяки антиоксидантним властивостям SO_2 стабілізує напій, зв'язуючи розчинений кисень і деякі карбонільні сполуки, в тому числі альдегіди Штрекера, які впливають на смакову стабільність під час зберігання пива. З іншого боку, SO_2 при вмісті значно більшому порогу відчуття негативно впливає на органолептичні показники напою.

Основна кількість SO_2 в пиві, як відомо [3], утворюється під час головного бродіння внаслідок асиміляції дріжджовою клітиною сульфатів, які в основному надходять в сусло з водою (150—200 мг/дм³). Встановлено [4], що збільшення вмісту іонів сульфату в суслі, за рахунок внесення солей сірчаної кислоти, які містять аніони SO_4^{2-} , в тому числі MgSO_4 , не має значного впливу на підвищення вмісту SO_2 . Проте доведено, що вагомий вплив має кількісний склад таких амінокислот як метіонін, цистеїн, трионін та сирин в суслі [4]. Особливістю біосинтезу SO_2 в пиві є те, що він має загальний шлях утворення з іншою важливою сірковмісною сполукою сірководнем (H_2S), який має дуже низький поріг відчуття — 4 мкг/дм³, і неприємний аромат, характерний запаху «тухлих яєць» [2,3]. Обґрунтовано [5], що різні режими затирання по різному впливають на амінокислотний склад сусла і тим самим на кількість SO_2 в пиві. Найбільш сприятливим до накопичення цієї сполуки виявився режим, коли пропускають цитолітичну і протеолітичну паузи, а затирання починають з 62 °С. Очевидно, це пояснюється глибиною ферментативних процесів і меншою кількістю накопичення в суслі сірковмісних амінокислот, що змушує дріжджову клітину під час бродіння використовувати внутрішні механізми асиміляції сульфатів із сусла для накопичення необхідної кількості відповідних амінокислот.

Відомо, що на вміст SO_2 в пиві істотно впливає не лише якісний і кількісний склад амінокислот, а й такі технологічні фактори як ступінь аерації, концентрація початкового сусла, фізіолого-біохімічні властивості раси дріжджів, кількість їх внесення в сусло перед бродінням та ін. [2, 3, 6]. Проте в науковій літературі цим питанням приділено не достатньо уваги, саме тому важливим є дослідження впливу різних рас дріжджів, а також основних технологічних факторів на вміст SO_2 в пиві.

Мета дослідження. Встановлення основних факторів, що впливають на синтез діоксиду сірки в пиві.

Матеріали та методи досліджень. Сусло зброджували з використанням рас дріжджів: Rh, 124, 163, Saflager W 34/70. Вміст SO_2 визначали дистиляційним методом, а концентрацію дріжджів за допомогою камери Горяєва. Вміст кисню визначали на приладі Digoх 6.

Результати досліджень. Першим етапом експериментальної роботи було проведення досліджень по визначенню динаміки зміни вмісту SO_2 під час зброджування сусла двома расами дріжджів: Rh і 163. Ці раси рекомендовані для використання в пивоварінні і характеризуються як глибокозброджуючі з високим ступенем редукції діацетилю та накопиченням вищих спиртів. Два зразки сусла з масовою часткою СР біля 12 % готували в однакових умовах і зброджували при температурі від 12 °С до 13 °С протягом 8 діб. Вміст SO_2 дистиляційним методом [7]. Динаміку зміни вмісту SO_2 залежно від тривалості бродіння і раси дріжджів наведено на рис.1.

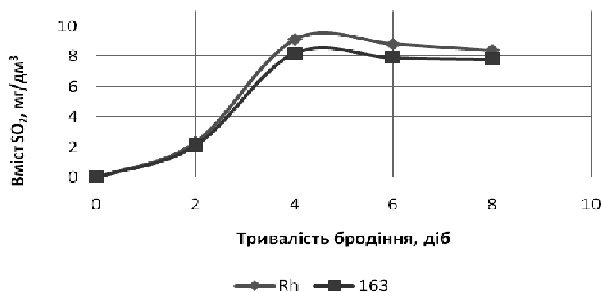


Рис. 1. Графік зміни вмісту SO_2 залежно від тривалості бродіння і раси дріжджів

Результати дослідження показали, що дріжджі активно синтезують SO_2 в перші 3—5 діб зброджування суслу, тобто в період від стадії «забілу» до стадії «високих завитків». На першій стадії бродіння («забіл») синтез SO_2 очевидно, пригнічується внаслідок високої концентрації метіоніну. На другій стадії активно ростуть і розмножуються дріжджі («низькі завитки») і зниження вмісту метіоніну в суслі ініціює кількість утворення SO_2 . На третій стадії («високі завитки»), де ріст дріжджів сповільнюється, продовжується незначне накопичення SO_2 внаслідок зменшення активності сульфідредуктази дріжджової клітини. Досліджувані раси дріжджів синтезують SO_2 в межах від 7,8 мг/дм³ до 8,4 мг/дм³. Подальша динаміка зміни вмісту SO_2 на стадії доброджування, залишатися практично без зміни, або може зменшуватися на 10—15 % внаслідок видалення SO_2 з діоксидом вуглецю і утворення сполук з леткими карбонілами.

В зв'язку з тим, що фізико-хімічні показники сусла, в тому числі кількісний склад амінокислот, в певні міри залежать від масової частки СР в ньому, тому наступним етапом було проведення досліджень по визначенню вмісту SO_2 в пиві залежно від масової частки СР початкового сусла при зброджуванні його різними расами дріжджів (Rh, 124, 163, Saflager W 34/70). Сусло, отримане за високогустинною технологією, розводили водою до різної масової частки СР і зброджували дріжджами з розрахунку 15—16 млн. клітин на 1 мл сусла протягом 8 діб при температурі 12—13 °С.

Вміст SO_2 залежно від масової частки СР в початковому суслі і раси дріжджів наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Вмісту SO_2 залежно від масової частки СР в початковому суслі і раси дріжджів

Масова частка СР, %	Вміст SO_2 , мг/дм ³			
	Раса Rh	Раса 124	Раса 163	Раса W 34/70
8	2,0	2,2	2,3	0,6
10	3,9	2,7	3,0	0,7
12	8,1	8,2	7,8	1,1
14	12,5	9,8	11,0	2,3
16	18,1	16,5	17,0	4,4

Як видно з таблиці, зі збільшенням масової частки СР в початковому суслі підвищується вміст SO_2 в пиві. Слід відмітити, що найбільше синтезується SO_2 в межах масової частки СР від 10 до 12 %. При масовій частці СР 12—16 %, інтенсивність синтезу зменшується. Слід відзначити, що сухі дріжджі раси W 34/70 синтезують приблизно в чотири рази менше SO_2 в порівнянні з іншими расами.

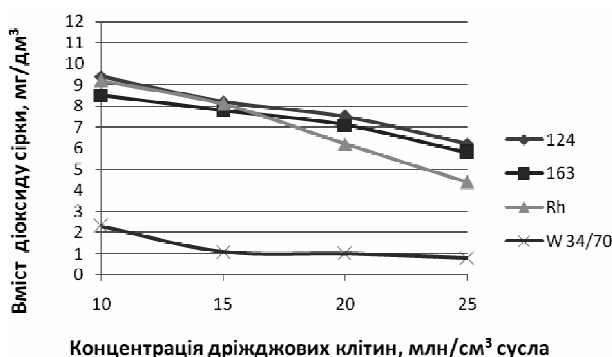


Рис. 2. Графік зміни вмісту SO_2 залежно від концентрації дріжджових клітин в початковому суслі і раси дріжджів

Оскільки в літературних джерелах існують розбіжності по інтенсивності синтезу SO_2 , залежно від кількості внесених дріжджів [8, 9], було доцільним дослідити вплив різної кількості внесених дріжджів на вміст SO_2 в пиві для різних рас дріжджів. Для цього сусло з масовою часткою CP 12 % (середня концентрація сусла) зброджували при температурі 12—13 °C протягом 8 діб. Зміну вмісту SO_2 залежно від кількості внесених дріжджових клітин в початкове сусло для різних рас дріжджів наведено на рис. 2.

Як видно з графіка, всі раси дріжджів при збільшенні кількості клітин в суслі від 10 млн/см³ до 25 млн/см³ синтезують меншу кількість SO_2 . Найбільше зменшується синтез SO_2 з використанням раси Rh. Раса дріжджів Saflager W 34/70 зменшує синтез SO_2 при концентрації дріжджів від 10 млн/см³ до 15 млн/см³, а при збільшенні кількості внесених дріжджів (від 15 млн/см³ до 25 млн/см³) синтез знаходиться практично на незмінному рівні. Тому, при виборі кількості внесених дріжджів в сусло необхідно враховувати фізіолого-біохімічні особливості кожної раси дріжджів окремо.

Відомо, що на збільшення вмісту SO_2 в пиві впливають всі фактори, які можуть негативно впливати на життєздатність і розмноження дріжджів [10]. Як свідчать дані літератури [10], для нормальної життєдіяльності дріжджовим клітинам в середньому початковому суслі. Відомо також, що зі збільшенням CP в початковому суслі дріжджова клітина потребує більшу кількість кисню. Якщо кисню буде недостатньо або навпаки забагато, то це може призвести до зміни в синтезі кількості побічних продуктів бродіння. Тому наступним етапом було визначення впливу ступеня аерації на вміст розчинного SO_2 в пиві. Для цього середньої концентрації сусло, виготовлене в однакових умовах, аерували до різного ступеня насичення киснем (4, 8 і 12 мг/дм³) і зброджували расою Rh при температурі від 12 °C до 13 °C протягом 8 діб. Зміну вмісту SO_2 залежно від ступеня аерації початкового сусла наведено на рис. 3.



Рис. 3. Діаграма зміни вмісту SO_2 залежно від ступеня аерації початкового сусла

Як видно з рисунка ступінь аерації початкового сусла киснем суттєво впливає на вміст SO_2 в пиві після головного бродіння. Зі збільшенням ступеня аерації кількість SO_2 зменшується, що підтверджує дані літератури [9] про те, що більшість факторів, які пригнічують активність дріжджів сприяють збільшенню вмісту SO_2 в пиві. Очевидним також залишається факт, що ступінь аерації сусла, так само вагомо впливає на вміст SO_2 в пиві як і масова частка CP в початковому суслі.

Висновки. Отже, на основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що:

1. Дріжджі активно синтезують SO_2 в перші 3—5 діб бродіння сусла. На стадії доброджування вміст SO_2 може залишатися практично не змінним або зменшуватися на 10—15 % внаслідок видалення його з діоксидом вуглецю і утворення сполук з леткими карбонілами.

2. Збільшення масової частки CP початкового сусла призводить до підвищення вмісту SO_2 в пиві, при чому найбільше синтезується SO_2 в межах масової частки CP від 10 % до 12 %, а при подальшому збільшенні масової частки CP інтенсивність синтезу SO_2 зменшується. При використанні сухих дріжджів синтезується значно менше SO_2 по відношенню до рідких дріжджів.

3. При збільшенні концентрації дріжджових клітин в суслі від 15 млн/мл до 25 млн/мл інтенсивність синтезу SO_2 зменшується.

4. Зі збільшенням ступеня аерації сусла від 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ кількість SO_2 в пиві зменшується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бэмфорд Ч. Новое в пивоварении / Ч. Бэмфорд ; пер. с англ. И.С. Горожанкиной, Е.С. Боровиковой. — СПб. : Профессия, 2007. — 520 с. ISBN 978-5-93913-157-5.

2. Меледина Т.В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация // Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин. — СПб. : ИД «Профессия», 2011. — 220 с. — ISBN 978-5-904757-16-8.

2. *Annemüller G.* Gärung und Reifung des Bieres / G. Annemüller, Hans-J. Manger. — Berlin: VLB-Fachbücher, 2013. — 872 S. — ISBN 978-3-921690-73-4.

4. *Duan W.A* Parallel Analysis of H₂S and S₀₂ Formation by Brewing Yeast in Response to Sulfur-Containing Amino Acids and Ammonium Ions / W. Duan, F.-A. Roddick, V.-J. Higgins // J. of the American Society of Brewing Chemists. — 2004. — № 62(1). — P. 35—41.

5. Вишняков И.Г. Повышение стабильности светлого пива путем регулирования серосодержащих компонентов : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов» / Вишняков Игорь Григорьевич ; Санкт-Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий. — СПб, 2009. — 15 с.

6. *Back W.* Ausgewählte Kapitel der Brauereitechnologie / W. Back — Nürnberg : Hans Carl -Fachverlag, 2008.—392 S. — ISBN 9-783-41800-8.

7. Ермолаева Г.А. Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г.А. Ермолаева. — СПб. : Профессия, 2004. — 536 с. — ISBN 5-93913-055-0.

8. *Nakatani K.* Kinetic analysis of ester formation during beer fermentation / K. Nakatani, N. Fukui, K. Nagami, M. Nishigaki // Journal of the American Society of Brewing Chemists. — 1991. — №4. — S. 152—157.

9. *Nordlöv H.* Formation of sulfur dioxide during beer fermentation / H. Nordlöv. — Proceedings of the Congress — European Brewery Convention. — 1985. — S. 29—298.

10. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце; пер. с нем. Г.В. Даркова, А.А. Куреленкова. — СПб. : Профессия, 2009. — 1064 с. — ISBN 978-5-93913-162-9.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СИНТЕЗ ДИОКСИДА СЕРЫ В ПИВЕ

Б.И. Хиврич, Б.В.Роздобудько

Национальный университет пищевых технологий

Проведено исследование влияния различных рас дрожжей, а также основных технологических факторов на содержание диоксида серы в пиве. Установлено, что дрожжи активно синтезируют диоксид серы в первые 3—5 суток сбраживания сусла. На стадии дображивания пива, содержание диоксида серы может оставаться практически без изменений, или уменьшаться. Увеличение массовой доли сухих веществ начального сусла приводит к повышению содержания диоксида серы в пиве, причем наибольшее количество диоксида серы синтезируется в рамках массовой доли сухих веществ от 10 % до 12 %, а при дальнейшем увеличении массовой доли сухих веществ в начальном сусле интенсивность синтеза уменьшается. При увеличении концентрации дрожжевых клеток в сусле от 15 млн/мл до 25 млн/мл, а также при увеличении степени аэрации сусла кислородом от 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ уменьшается синтез диоксида серы в пиве.

Ключевые слова: пиво, брожения, диоксид серы, дрожжи.

VIRUSES IN FOOD PRODUCTS

O.I. Skrotska, I.M. Voloshina, T.S. Kistenyk

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
viruses, food, biosafety	The paths of viruses' incorporation into the food have been reviewed. The methods of identification of viruses in the food by applying the sensitive cells and polymerase chain reaction technique have been provided.
Article history: Received 6.11.2014 Received in revised form 8.11.2014 Accepted 12.11.2014	The benefits and disadvantages of the mentioned methods were outlined. The following human viruses were identified in the food: enterovirus, poliovirus, rotavirus, Coxsackie B5 virus, hog cholera virus (HCV), African swine fever virus (ASFV), FMD virus and ECHO-virus. The statistics data regarding frequency of viruses isolation from the food has been provided for Ukraine.
Corresponding author: skrotska@ya.ru	It has been demonstrated that the viruses are resistant to adverse environmental conditions and can stay active for several months in food and environment. The following methods of viruses' inactivation in the food were characterized: pH lowering, cooling and freezing, heating and UV exposure.

ВІРУСИ У ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ

O.I. Скроцька, канд. біол. наук

I.M. Волошина, канд. техн. наук

T.C. Кістенюк, студентка

Національний університет харчових технологій

Розглянуто шляхи потрапляння вірусів до харчових продуктів та методи їх виявлення. Показано, що віруси стійкі до несприятливих умов навколишнього середовища та можуть упродовж декількох місяців зберігатися у харчових продуктах та довкіллі. Наведено дані щодо виявлення у продуктах харчування ентеровірусів, поліовірусів, ротавірусів, вірусу холери свиней (HCV), вірусу африканської свинячої лихоманки (ASFV), вірусу ящура і ECHO-вірусу. Охарактеризовано заходи щодо інактивації вірусів у харчових продуктах.

Ключові слова: віруси, харчові продукти, біобезпека.

Вступ. На сьогодні про віруси людини, які можуть зберігатися у продуктах харчування відомо набагато менше, ніж про інші мікроорганізми. Це пов'язано з тим, що віруси людини, на відміну від бактерій, не здатні розмножуватись у харчових продуктах і для їх культивування використовують клітини чутливих культур тканин. Тому необхідно врахувати той факт, що їх кількість у продуктах харчування набагато менша, ніж бактерій, і для їх виділення потрібні методи екстракції і концентрування. Також слід зазначити, що методики для виділення та ідентифікації вірусів не можна застосувати у багатьох мікробіологічних лабораторіях, де здійснюють контроль якості харчових продуктів [8, 10].

Харчові продукти, контаміновані вірусами, можуть бути причиною не лише поодиноких захворювань, а і епідемічних спалахів. Нині найбільш

поширеними збудниками вірусних хвороб харчового походження є норовірус (NOV) і вірус гепатиту А (HAV). Через харчові продукти можуть передаватися також і інші віруси, зокрема, ротавіруси, віруси гепатиту Е (HEV), астровіруси, вірус Айчі, саповіруси, ентеровіруси, коронавіруси, парвовіруси, аденовіруси тощо [3, 4, 8].

Мета. Характеристика вірусів людини, виявлених у продуктах харчування, а також заходів, спрямованих на їх ідентифікацію та шляхи інактивації вірусів у харчових продуктах.

Шляхи потрапляння вірусів до харчових продуктів та методи їх виявлення. Виділяють наступні джерела вірусного зараження продуктів харчування: продукти життєдіяльності людини; контаміновані об'єкти первинної обробки продуктів харчування та тварини, що є носіями зоонозних вірусів. Також можливим є поєднання кількох різних джерел вірусної контамінації харчових продуктів.

Вірусне зараження свіжої продукції можливе в результаті контакту з контамінованою вірусами водою в цілях зрошення або промивання продуктів харчування, в ході застосування добрив і агрохімікатів або через інфільтрацію необроблених або частково оброблених стічних вод у ґрунт. Контамінація вірусами продуктів харчування також може здійснюватись через повітря та через контакт із персоналом, що працює з харчовими продуктами [2].

Перевірка продуктів харчування на наявність вірусів є складною процедурою, оскільки, на відміну від бактерій, вони не розмножуються в їжі, а отже не викликають погіршення органолептичних властивостей харчового продукту. Для розмноження вірусам необхідно проникнути в клітину, тому для виявлення та ідентифікації вірусів у продуктах харчування використовують чутливі лінії клітин людини і тварин. Проте необхідно відмітити, що такі методи є надто трудомісткими (попередня обробка і концентрування проби) та потребують тривалого часу (до 28 днів), а також є низькоєфективними та малоінформативними [1].

Саме тому вдосконалення методів виявлення вірусів у харчових продуктах є актуальним завданням сьогодення. Зокрема розробка методів, що ґрунтуються на застосуванні полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), дозволила безпосередньо виявляти ряд вірусних нуклеїнових кислот (ДНК/РНК) у харчових продуктах. Проте методика виявлення вірусних ДНК/РНК не дає змоги провести різницю між інфекційними та неінфекційними вірусними частинками, тому результати подібних аналізів варіативні залежно від продукту харчування і розповсюдження вірусу в продуктах, а також наявності ПЛР-інгібіторів. Важливо також відзначити, що існує деяка ступінь невизначеності щодо того, як виявлені низькі рівні вірусних нуклеїнових кислот співвідносяться з рівнем безпеки споживання продукту, адже молекулярні технології дозволяють визначити наявність однієї копії вірусної ДНК/РНК у пробі [10].

Віруси у продуктах харчування. Залежно від симптомів захворювання віруси, що передаються через харчові продукти можна розподілити на наступні групи: збудники гастроентериту (NOV), збудники кишкового вірусного гепатиту (HAV з реплікацією в печінці) і третя група вірусів з реплікацією в кишечнику людини, які стають збудниками захворювань лише після міграції в інші органи, такі, як центральна нервова система (ентеровірус) [3, 4, 8].

Природним джерелом накопичення ентеровірусів є моллюски, оскільки вони є біофільтрами водоймищ. У штучно інфікованих поліовірусом (10^4 бляшкоутворюючих одиниць, БУО) устрицях інфекційність вірусу спостерігалась впродовж 30—90 днів за умов зберігання устриць при пониженій температурі. Хоча є маловірогідним поглинання ентеровірусів устрицями і моллюскам за концентрації вірусів у відкритій водоймі менше 0,01 БУО/мл [4].

При дослідженні сирих устриць у кожному із 17 зразків було виявлено ЕСНО-вірус та поліовірус 1, при цьому поліовірус 3 був знайдений у одному із 24 досліджуваних зразків [9].

Зазвичай індекс БГКП є достовірним показником наявності бактерій кишкової палички у воді, але він не поширюється на ентеровіруси, які є стійкішими до несприятливих екологічних умов, ніж патогенні бактерії. При дослідженні більше 150 зразків рекреаційних вод з Техаської затоки ентеровіруси були виявлені у 43 % зразків, при цьому 44 % зразків мали допустимі показники індексу БГКП. Слід відмітити, що ентеровіруси були виявлені у 35 % зразків вод, які задовольняли стандартам чистоти за показниками індексу БГКП для промислу моллюсків, тобто показник коли-індексу не корелює з наявністю у водоймах вірусів [9, 10].

При дослідженні моллюсків у відкритих і закритих водоймах у 23 % зразків з відкритих водойм були виявлені ентеровіруси, при цьому у 100 % досліджуваних зразків не було виявлено бактерій роду *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, які викликають кишкові захворювання. У 40 % зразків моллюсків із закритих водойм були виявлені бактерії роду *Salmonella*, при цьому у жодному із досліджуваних зразків не було виявлено бактерій роду *Shigella* та *Yersinia*. Слід відмітити, що кореляції між титром ентеровірусів і загальним числом коліформ у моллюсках виявлено не було [9].

При дослідженні інфекційності вірусу холери свиней (HCV) і вірусу африканської свинячої лихоманки (ASFV) у туші хворих тварин, було встановлено, що навіть після промислової обробки м'яса (або м'ясної сировини) віруси зберігають свою життєздатність. З

м'яса інфікованих тварин було виготовлено пастеризовану шинку, суху ковбасу пепероні і ковбасу типу салямі, при цьому віруси не були виявлені у пастеризованій шинці, але були виділені з шинки після посолу. Вірус африканської свинячої лихоманки було виявлено у двох ковбасних продуктах після додавання інгредієнтів посолу і стартових культур, але його не було виявлено після 30 днів ферментації ковбаси. Слід зазначити, що вірус холери свиней також зберігав свої інфекційні властивості та здатність до зараження після внесення інгредієнтів посолу і стартових культур навіть після 22 днів ферментації м'яса.

Дослідження щодо інфекційності вірусу ящура залежно від температури показали, що термічна обробка зараженої яловичини при температурі 93,3 °C призводить до повної інактивації вірусу. Проте у лімфовузлах великої рогатої худоби вірус витримував нагрівання при 90 °C впродовж 15 хвилин. Кип'ятіння крабів впродовж 8 хвилин є достатнім, щоб інактивувати поліовірус 1, ротавірус і ЕCHO-вірус [7, 9]. При цьому поліовірус здатен витримувати тушкування, прожарювання, запікання і пропарювання устриць. Слід зазначити, що у смажених гамбургерах ентеровіруси були виявлені у 8 з 24 непросмажених пиріжків (до температури усередині пиріжка 60 °C) при їх швидкому охолодженні до 23 °C. Вірусів не було виявлено при охолодженні пиріжків впродовж 3 хвилин при кімнатній температурі [5].

Ентеровіруси зберігаються у яловичині до 8 днів при температурі 23 — 24 °C, при цьому на їх інфекційність не впливає ріст бактерій, що викликають псування продукту.

В Україні співробітниками Інституту епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л.В. Громашевського НАМНУ упродовж 1994—2004 років проводились дослідження щодо частоти виділення ентеровірусів з продуктів харчування (рис. 1).

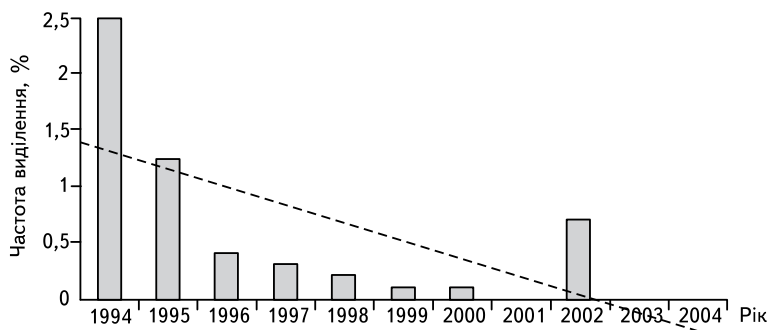


Рис. 1. Динаміка частоти виділення ентеровірусів з продуктів харчування [1]

На початку періоду проведення досліджень (1994—1995 рр.) частота виділення ентеровірусів з продуктів харчування становила 1,2—2,5%, а вже у 1996—2002 рр. — значення цього показника не досягали 1,0 %. У 2003—2004 рр. ентеровіруси у продуктах харчування виявлені не були. Найчастіше з продуктів харчування ентеровіруси виділяли у Донецькій (1998—2000 рр.) та Чернігівській областях (1995 р. і 1997 р.). В окремі роки їх ізолювали в Івано-Франківській, Житомирській, Чернівецькій та Київській областях [1].

Згідно даних, висвітлених під час роботи науково-практичної конференції «Фармакотерапія інфекційних захворювань (2014 р.), упродовж 2013 року в Україні було зафіксовано 48 спалахів гострих кишкових інфекцій, де фактором передачі стали харчові продукти, з них 12,5 % були викликані ротавірусами, 4,3 % — вірусом гепатиту А, 16,6 % — іншими вірусами.

Способи інактивації вірусів у харчових продуктах. Віруси, можуть упродовж декількох місяців зберігатися в харчових продуктах або в довкіллі (наприклад, в ґрунті, воді, осадженнях, двостулкових молюсках або на різних поверхнях). Більшість вірусів харчового походження більш стійкі, ніж бактерії, до охолодження, заморожування, зміни рН, висушування, ультрафіолетового опромінення, нагрівання, зміни тисків, дезинфекції тощо [9].

На теперішній час використовують різні підходи щодо інактивації вірусів в окремих харчових продуктах, але їх результативність суттєво варіюється в залежності від виду вірусу, харчового

продукту і локалізації вірусу в харчовому продукті. Самі по собі ці процедури не забезпечують захист споживача від вірусної контамінації, але при їх поєднанні виникає синергійний ефект, який може підвищити рівень знешкодження вірусів у продуктах харчування.

Промивання. Промивання харчових продуктів водою, як обробленою (ультрафіолетовими променями, озоном, хлором тощо), так і необробленою, може виявитися неефективною, якщо харчовий продукт має шорстку, ламану або коміркову поверхню з заглибинами; або якщо вірус знаходиться всередині продукту.

Зниження рівня рН. При низьких рівнях рН (< 3) можна домогтися інактивації ряду вірусів, проте такий рівень рН не завжди прийнятний з точки зору смакових якостей продукту.

Високий гідростатичний тиск. Вплив високого гідростатичного тиску на інфекційні властивості вірусів в харчових продуктах істотно залежить як від самого вірусу, так і виду харчового продукту. Даний спосіб інактивації може вважатись ефективним стосовно деяких видів вірусів, що містяться у певних продуктах [2].

Охолодження і заморожування. Процеси охолодження і заморожування не слід розглядати в якості ефективного засобу боротьби з вірусами харчового походження, оскільки вони не забезпечують зниження інфекційності вірусів до рівня, що вважається безпечними.

Теплова обробка. Вплив теплової обробки на інфекційність вірусів, що містяться в харчових продуктах, в значній мірі залежить від вірусу, харчового продукту і початкової концентрації вірусних часток. Процеси приготування, при яких температура всередині харчового продукту досягає 90°C і підтримується упродовж 90 с, вважаються ефективними видами обробки, що дають змогу інактивувати віруси в більшості продуктів. При цьому такі способи приготування, як парова обробка або обсмажування, можуть виявитися недостатніми для інактивації вірусів і забезпечення безпеки їжі. Звичайна пастеризація (наприклад, нагрівання до 63°C на 30 хв. або до 70°C на 2 хв.) є більш ефективною, ніж короткотемпературна (до 72°C на 15–20 с) [7, 9].

Ультрафіолетове опромінення (УФО). УФО дозволяє знизити інфекційність вірусів, але його вплив значною мірою залежить від наявності вірусу на поверхні харчового продукту, від виду/підвиду вірусу і від харчового продукту. Його не можна вважати ефективним засобом, що забезпечує зниження інфекційності вірусів всередині їжі. УФО може бути ефективним для інактивації вірусів у воді та на поверхні харчових продуктів [2].

Висновки. В даний час спостерігається постійне зростання обсягів виробництва харчових продуктів та розширення географії їх транспортування по всьому світу. При цьому можлива контамінація продуктів харчування вірусами на усіх етапах: від їх виробництва до споживання, що може спровокувати різного роду захворювання. Саме тому актуальним є розроблення та вдосконалення методів виявлення та ідентифікації вірусів у продуктах харчування, а також способів їх інактивації без зниження харчової та біологічної цінностей, органолептичних властивостей харчових продуктів та товарного вигляду продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Харчові продукти як фактор передачі збудників вірусних інфекцій* / В.І. Задорожна, А.Ф. Фролов, С.І. Доан, А.В. Кракович // Проблеми харчування. — 2006. — №1. (10) — С. 5–7.
2. *Руководство по применению общих принципов пищевой гигиены в борьбе с наличием вирусов в продуктах питания*, САС/GL 79-2012. — 17 с.
3. *A 549 and PLC/PRF/5 cells can support the efficient propagation of swine and wild boar hepatitis E virus (HEV) strains: demonstration of HEV infectivity of porcine liver sold as food* / Hideyuki T., Toshinori T., Suljid J., Shigeo N., Masaharu T., Tsutomu N., Hitoshi M., Yasuyuki Y., Hiroaki O. // Archives of Virology. — 2012. — Vol. 157, № 2. — 235–246.
4. *Enterovirus: Poliovirus, coxsackie virus, echovirus* / S. Percival, R. Chalmers, M. Embrey [et al.] // Microbiology of Waterborne Diseases. — 2004. — P. 401–418.
5. *Seymour I.J. Foodborne viruses and fresh produce* / I.J. Seymour, H. Appleton // Appl. Microbiol. — 2001. — Vol. 91. — P. 759–773.
6. *Sánchez G. Hepatitis A virus detection in food: current and future prospects* / G. Sánchez, A. Bosch, R.M. Pinty // Letters in Applied Microbiology. — 2007. — Vol. 45, № 1. — P. 1–5.

7. Shin G.-A. Reduction of Norwalk virus, poliovirus 1, and bacteriophage MS2 by ozone disinfection of water / G.-A. Shin, M.D. Sobsey // Appl. Environ. Microbiol. — 2003. — Vol. 69. — P. 3975—3978.

8. *Reported behavior*, knowledge and awareness toward the potential for norovirus transmission by food handlers in Dutch catering companies and institutional settings in relation to the prevalence of norovirus / L. Verhoef, G.J. Gutierrez, M. Koopmans, I. Boxman // Food Control. — 2013. — Vol. 34, № 2. — P. 420—427.

9. Rzeżutka A. Survival of human enteric viruses in the environment and food / A. Rzeżutka, N. Cook // FEMS Microbiology Reviews. — 2004. — Vol. 45, № 1. — P. 441—453.

10. *Virus hazards from food*, water and other contaminated environments / D. Rodriguez-L6zaro, N. Cook, F.M. Ruggeri [et al.] // FEMS Microbiology Reviews. — 2012. — Vol. 34, № 4. — P. 786—814.

ВИРУСЫ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

О.И. Скроцкая, И.Н. Волошина, Т.С. Кистенюк

Национальный университет пищевых технологий

Изучены пути попадания вирусов в пищевые продукты, а также методы их обнаружения. Установлено, что вирусы устойчивы к неблагоприятным условиям окружающей среды и могут в течение нескольких месяцев сохранять свою активность в пищевых продуктах, воде и почве. Наведены данные по выявлению в продуктах питания энтеровирусов, полиовирусов, ротавирусов, вируса холеры свиней (HCV), вируса африканской свинной лихорадки (ASFV), вируса ящура, и ECHO-вируса. Описаны способы инактивации вирусов в пищевых продуктах.

Ключевые слова: вирусы, пищевые продукты, биобезопасность.

УДК 664.664.6

MICROBIOLOGICAL SAFETY BREAD WITH IMPROVERS

A.P. Dorosh, O.I. Skovorynska, N.N. Gergirchak

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
bread improvers, microbiological safety, storage materials.	A stable supply of the population with quality bakery products, which have high nutritional value and functional properties is a paramount objective of the baking industry.
Article history: Received 6.11.2014 Received in revised form 7.11.2014 Accepted 15.11.2014	With a variable quality of wheat flour, the use of such food additives as bread improvers gives the ability to consistently produce high quality products. The effect on the microbiological safety of improvers and bread dough. Defined microbiological parameters feedstock improvers.
Corresponding author: skrotska@ya.ru	Analysis of dough and bread with the addition and without addition of improvers. The influence of the microflora improvers material to be deposited (polyethylene and paper) and changes in microbiological parameters during storage of mixtures.

МІКРОБІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ХЛІБА З ПОЛІПШУВАЧАМИ

Г.П. Дорош, студ., О.І. Сковоринська, студ.

Н.М. Грегірчак, канд. техн. наук,

Національний університет харчових технологій

Досліджено вплив поліпшувачів на мікробіологічну безпеку тіста і хліба. Визначено мікробіологічні показники сировини для виробництва поліпшувачів. Проведено аналіз тіста і хліба з додаванням та без додавання поліпшувачів. Досліджено вплив на мікрофлору поліпшувачів матеріалів для їх зберігання (поліетилен і папір) та зміна мікробіологічних показників при зберіганні сумішей.

Ключові слова: поліпшувачі для хліба, мікробіологічна безпека, матеріали для зберігання.

Вступ. Стабільне забезпечення населення якісними хлібобулочними виробами, які володіють підвищеною харчовою цінністю і функціональними властивостями, є першорядним завданням хлібопекарської галузі. Використання різноманітних інгредієнтів дозволяє створювати хлібобулочні вироби спрямованого складу, текстури, смаку, кольору, аромату, пролонгувати термін їхнього зберігання [1]. При мінливій якості пшеничного борошна використання таких харчових добавок, як хлібопекарські поліпшувачі, дає можливість виробникам створювати хлібобулочні вироби стабільно високої якості.

Основна характеристика безпеки хлібобулочних продуктів — їх мікробіологічна обнасеність, яка визначається загальною кількістю мікроорганізмів, їх видом і здатністю розвиватися в продукції.

Склад мікрофлори, присутність якої може привести до зниження якості хлібобулочних продуктів різноманітний і включає патогенні мікроорганізми, бактерії групи кишкової палички (коліформні), мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми, дріжджі та цвілеві гриби [1].

Мета. Дослідити вплив поліпшувачів різного складу на мікрофлору тіста і хліба різної рецептури, визначити як змінюється мікробний фон поліпшувачів залежно від терміну та упаковки зберігання.

В якості дослідних зразків використовували поліпшувачі наступного складу:

«Свіжість» (пивний білок — 0,2 %; лецитин — 0,4 %; карбоксиметилцелюлоза — 1,3 %; аскорбінова кислота — 0,07 %, ФП Betamal — 0,07 %);

«Свіжість К +» (квасолевий порошок — 1,4 %; лецитин — 0,2 %; ФП Alphamat — 0,007 %, целюлоза — 0,36 %; аскорбінова кислота — 0,003 %);

«Свіжість +» (картопляний порошок — 2 %; Alphamat — 0,02 %, мальтодекстрин — 0,2 %, аскорбінова кислота — 0,01 %).

Об'єктами аналізу служили зразки хліба вироблені з використанням і без використання поліпшувачів (контроль), відповідно до наступних рецептур:

— хліб пшеничний (борошно пшеничне вищого сорту — 100,0 кг, дріжджі хлібопекарські пресовані — 3,0 кг, сіль кухонна — 1,2 кг, поліпшувач «Свіжість К +» — 2,0 кг);

— батон пшеничний (борошно пшеничне вищого сорту — 100,0 кг, дріжджі хлібопекарські пресовані — 1,4 кг, сіль кухонна — 1,2 кг, цукор — 2,0 кг, маргарин — 2,0 кг, поліпшувач «Свіжість +» — 2,0 кг);

— хлібці висівкові (борошно пшеничне вищого сорту — 100,0 кг, висівки пшеничні — 10,0 кг, дріжджі хлібопекарські пресовані — 3,0 кг, сіль кухонна — 1,30 кг, поліпшувач «Свіжість» — 2,0 кг).

Хлібці висівкові готували на густий опарі вологістю 46 %, батон і хліб пшеничний безопарним способом. Поліпшувачі вносились під час замісу тіста.

Згідно стандарту (ГОСТ 28808–90) в хлібі з пшеничним борошном одразу після випікання та 4-ту добу зберігання визначали такі мікробіологічні показники як кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАМ), наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП), плісняві гриби та дріжджі. Додатково перевіряли наявність бактерій роду *Leuconostoc*, гнилісних бактерій, кількість спороутворюючих (СУБ) та молочнокислих бактерій (МКБ).

Аналіз мікробіологічної безпеки сировини, напівфабрикатів і готових виробів здійснювали відповідно до основних методик затверджених Міністерством охорони здоров'я України і державними стандартами (ДСТУ).

І визначали такі мікробіологічні показники як КМАФАМ, БГКП, цвілеві гриби і дріжджі, наявність бактерії роду *Leuconostoc*, СУБ і МКБ.

Дослідження мікробіологічних показників вихідної сировини. Початковим етапом досліджень був мікробіологічний аналіз вихідної сировини. Результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Мікробіологічні показники вихідної сировини

Мікробіологічні показники, КУО/г	Борошно пшеничне	Пивний білок	Квасолевий порошок	Картопляний порошок
	Результат КУО/г			
КМАФАМ	$5,7 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$	$1,1 \times 10^6$	$1,0 \times 10^6$
МКБ	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Дріжджі	<100	<100	<100	<100
Плісняві гриби	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$
СУБ	$0,9 \times 10^2$	$0,8 \times 10^2$	$0,9 \times 10^2$	$0,7 \times 10^2$
БГКП	н/о	н/о	н/о	н/о
Гнилісні бактерії	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Бактерії роду <i>Leuconostoc</i>	3×10^3	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$

У зразках основних компонентів для поліпшувачів (пивний білок, квасолевий і картопляний порошки) показник КМАФАМ був збільшений на 2 порядки у порівнянні з нормативом ($5,0 \times 10^4$ КУО/г) вказаним в ТУ 15.3–05417118.024–2002 порошки овочеві. Аналіз пшеничного борошна показав значення КМАФАМ $5,7 \times 10^5$ КУО/г, що також перевищує норму. Всі інші показники, в тому числі кількість СУБ і гриби, відповідали нормативам.

У зразку пшеничного борошна були виявлені бактерії роду *Leuconostoc* (3×10^3 КУО/г), присутність яких не нормується, проте може викликати ослизнення м'якушки і тим самим знизити якість хліба.

Дослідження мікробіологічних показників тіста. Наступним етапом був мікробіологічний аналіз тіста. Результати приведені в табл. 2.

Таблиця 2. Мікробіологічні показники тіста

Мікробіологічні показники, КУО/г	Батон пшеничний. (конт.)	Батон пшеничний з «Свіжість. +»	Хлібці висівкові (конт.)	Хлібці висівкові (Свіжість).	Хліб пшеничний (конт.)	Хліб пшеничний з «Свіжість К+»
	Результат КУО/г					
КМАФАМ	$4,4 \times 10^1$	$7,3 \times 10^6$	2×10^7	$2,7 \times 10^1$	$1,8 \times 10^6$	$4,3 \times 10^6$
МКБ	$8,2 \times 10^4$	$6,8 \times 10^4$	$8,4 \times 10^4$	$6,5 \times 10^4$	$2,8 \times 10^4$	$6,4 \times 10^4$
Дріжджі	$1,6 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$	$3,9 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$	$4,9 \times 10^5$	$5,0 \times 10^5$
Плісняві гриби	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$
СУБ	$2,3 \times 10^2$	<100	$1,8 \times 10^2$	$8,4 \times 10^2$	$9,4 \times 10^2$	$7,8 \times 10^2$
БГКП	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в
Гнилісні бактерії	$<10^2$	$<10^2$	$4,8 \times 10^3$	$<3,3 \times 10^3$	$<10^2$	$<10^2$
Бактерії роду <i>Leuconostoc</i>	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$	$<10^2$

Високий показник КМАФАМ тіста може бути обумовлений значною обнасеністю вихідної сировини і високою вологістю 42—43,5 %, які є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів, також причиною може бути недостатня асептичність процесу замісу.

Дослідження мікробіологічних показників хліба. Заключним етапом була перевірка мікробіологічних показників готових хлібобулочних виробів. Перевірку здійснювали відразу після випікання і на 4 день зберігання, результати представлені в табл. 3 і табл. 4, відповідно.

У всіх дослідних зразках відразу після випікання показник КМАФАМ дещо перевищував показник КМАФАМ в порівнянні із значенням нормативу ($1,0 \times 10^3$).

Таблиця 3. Мікробіологічні показники хліба різної рецептури одразу після випікання

Мікробіологічні показники, КУО/г	Батон пшеничний (конт.)	Батон пшеничний з «Свіжість. +»	Хлібці висівкові (конт.)	Хлібці висівкові (Свіжість).	Хліб пшеничний (конт.)	Хліб пшеничний з «Свіжість К+»
	Результат КУО/г					
КМАФАМ	$1,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^7$
МКБ	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Дріжджі	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Плісняві гриби	<100	<100	<100	<100	<100	<100
СУБ	$2,3 \times 10^2$	<100	$1,8 \times 10^2$	$8,4 \times 10^2$	$9,4 \times 10^2$	$7,8 \times 10^2$
БГКП	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в
Гнильні бактерії	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Бактерії роду <i>Leuconostoc</i>	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$

Таблиця 4. Мікробіологічні показники хліба різної рецептури на четвертий день зберігання

Мікробіологічні показники, КУО/г	Батон пшеничний (конт.)	Батон пшеничний з «Свіжість. +»	Хлібці висівкові (конт.)	Хлібці висівкові (Свіжість).	Хліб пшеничний (конт.)	Хліб пшеничний з «Свіжість К+»
	Результат КУО/г					
КМАФАМ	$3,4 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	$6,9 \times 10^3$	$2,4 \times 10^3$	$4,6 \times 10^3$	$3,7 \times 10^3$
МКБ	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Дріжджі	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Плісняві гриби	<100	<100	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	<100	<100
СУБ	$3,0 \times 10^2$	$1,2 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$	$9,3 \times 10^2$	1×10^3	$8,3 \times 10^2$
БГКП	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в
Гнилісні бактерії	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$
Бактерії роду <i>Leuconostoc</i>	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$	$<10^3$

На 4-у добу КМАФАМ збільшився для контролю в 5 разів, а для хліба з додаванням поліпшувачів в 2,4 рази в середньому. Цвілеві гриби були виявлені на 4-у добу у всіх зразках в тому числі контрольних, що не відповідає вимогам стандарту в якому вказано про

неприпустимість їх у готових виробках. В хлібопекарських виробках були виявлені спори утворюючі бактерії.

Дослідження впливу на мікрофлору поліпшувачів матеріалів для їх зберігання
Також було досліджено вплив на мікрофлору поліпшувачів матеріалів для їх зберігання (поліетилен і папір) та зміна мікробіологічних показників при зберіганні таких сумішей. Результати представлені на рис. 1 і рис. 2, відповідно.

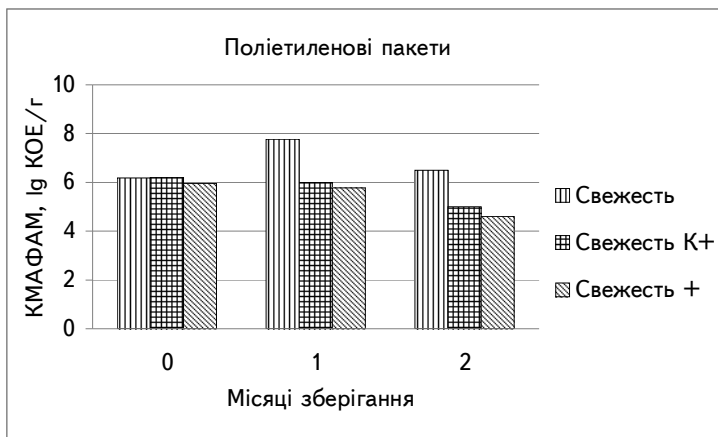


Рис. 1. Показник КМАФАМ для поліпшувачів в поліетиленових пакетах

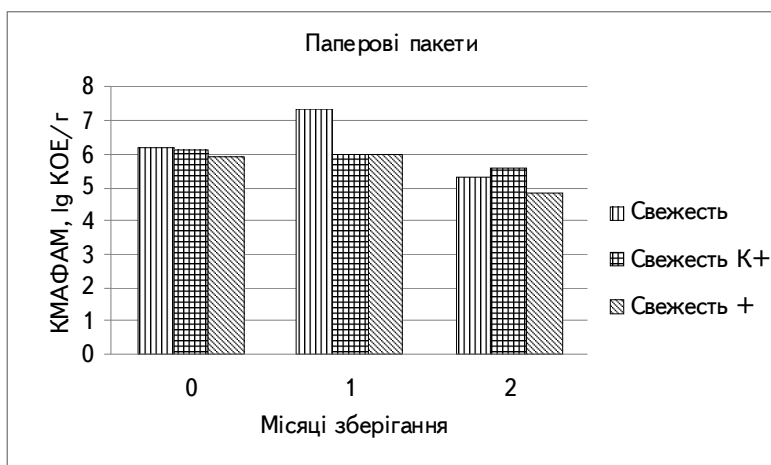


Рис. 2. Показник КМАФАМ для поліпшувачів в паперових пакетах

Виходячи з даних представлених на діаграмах, можна зробити висновок, що матеріали для зберігання не особливо впливають на мікрофлору поліпшувачів в цілому. Але на 2 місяці зберігання показник КМАФАМ для поліпшувачів «Свіжість +» і «Свіжість К +» зменшувався як для зразків в поліетиленових пакетах, так і паперових. Однак поліпшувач «Свіжість» на основі пивного білка за КМАФАМ дещо відрізнявся від поліпшувачів на основі овочевих порошків: 1 місяць зберігання як для зразків в поліетиленових пакетах, так і паперових відрізнявся активним розвитком мікроорганізмів. На 2 місяці зберігання КМАФАМ зменшився

на 2 порядки як для зразків в паперових пакетиках, так і для зразків в поліетиленових пакетиках. Варто відзначити відсутність розвитку молочнокислих мікроорганізмів, що свідчить про мінімальний ризик скисання поліпшувачів.

Висновки. В основі формування якості хліба лежить сукупність складних перетворень сировини під дією мікроорганізмів і ферментів, які вже можуть бути присутніми в як і рецептурних компонентах, так і спеціально використані в технологічному процесі. Тобто якість хлібобулочних виробів залежить від хлібопекарських властивостей борошна, дріжджів, іншої сировини, стану та зміни їх вуглеводно-амілазних, білково-протеїнових та ліпідно-ліпазних комплексів в ході технологічного процесу, а також життєдіяльності мікроорганізмів. З цього випливає, що отримані результати свідчать лише про те, що поліпшувачі самостійно не можуть впливати на мікрофлору готових хлібобулочних виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Стабровская О.И.* Многокомпонентные смеси для производства хлебобулочных изделий / *Стабровская О.И., Романов А.С., Короткова О.Г.* // Техника и технология пищевых производств, 2013. — № 2. — С. 87—89.

2. *Digbeu D.Y. S.* Biochemical characteristics of composite flours: influence of fermentation / *Digbeu D.Y., Due A.E.* // Food Sci. Technol (Campinas). — 2013. — Vol.33, №4. — P. 211—219.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХЛЕБА С УЛУЧШИТЕЛЯМИ

А.П. Дорош, О.И. Сковоринская, Н.Н. Грегирчак

Национальный университет пищевых технологий

Исследовано влияние улучшителей на микробиологическую безопасность теста и хлеба. Определены микробиологические показатели сырья для производства улучшителей. Проведен анализ теста и хлеба с добавлением и без добавления улучшителей. Исследовано влияние на микрофлору улучшителей материалов для их хранения (полиэтилен и бумага) и изменение микробиологических показателей при хранении таких смесей.

Ключевые слова: *улучшители хлеба, микробиологическая безопасность, материалы для хранения.*

PHENOMENOLOGICAL APPROACH IN DEVELOPING TECHNOLOGIES STABILIZATION PLANT PRODUCTS

I. Gonta

Uman National University of Horticulture

I. Maksymenko, S. Myronenko

National university of food technologies, Kyiv

Key words:

asparagus,
stabilization,
physical influences,
vacuum processing,
osmotic pressure,
energy,
momentum,
microorganisms,
flora, law

Article history:

Received 8.09.2014

Received in revised

form 15.09.2014

Accepted 10.11.2014

Corresponding author:

lud@mail.ru

ABSTRACT

This publication contains information on the peculiarities of phenomenological approaches in the development of technologies stabilization plant products. Grounded research program, the capability and technology development and stabilization of asparagus derivatives processing.

The possibility of using a phenomenological analysis of prognostic assessments at the protective influence of the environment on microorganisms. These impacts include osmotic pressure, variable physical pressure, initial temperature at a fixed end, the number of cycles of vacuum handling or exposure time in vacuumed condition.

It is shown that the osmotic pressure in the external environment for microbial cells is accompanied by a protective effect, the appearance of which can be explained by the effect of plasmolysis cells.

In theory it is shown that the pressure drop in the system when approaching zero mass transfer resistance increases to infinity. This position determines the feasibility of establishing evacuated packages with stabilized pressure.

ФЕНОМЕНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ В РОЗРОБКАХ ТЕХНОЛОГІЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

I.A. Gonta

Уманський національний університет садівництва

І.Ф. Максименко, С.М. Мироненко

Національний університет харчових технологій

В публікації наведено інформацію щодо особливостей застосування феноменологічних підходів в розробках технологій стабілізації продукції рослинного походження. Обґрунтовується програма досліджень, оцінка можливостей і розробка технологій стабілізації спаржі та похідних її переробки.

Ключові слова: спаржа, стабілізація, фізичні впливи, вакуумна обробка, осмотичні тиски, енергія, імпульси, мікроорганізми, флора, закон.

Алгоритмом наукового дослідження визначається послідовність дій і кінцеві результати у формі математичних моделей, які пройшли експериментальну апробацію. Для його створення необхідно виконати певні передумови, початком яких має бути доведена необхідність виконання дослідження, отримання інформації щодо «індивідуальних» властивостей об'єкта. Продовженням створення моделі має бути феноменологічне узагальнення фізичної, хімічної

або термодинамічної формалізації. У нашому випадку специфіка і складна структура досліджуваної в роботі системи стосується по суті двох об'єктів. З одного боку маємо спаржу, як вихідну рослину сировину з певними властивостями, а з іншого — в системі присутня мікрофлора. Розроблювана біофізична інноваційна технологія, що є завданням цього дослідження, має досягти припинення всякої взаємодії між вказаними об'єктами.

На основі відомої ієрархії математичних моделей [1, 2] перейдемо до переліку наступних положень, що використовуються в дослідженні:

- Вихідні (основні) закони природи, які мають гранично прості математичні відображення (закон збереження енергії в різних формах, закон збереження речовини).

- Всі загальні математичні описи явищ, пов'язаних з поняттям «поля» моделюються рівняннями математичної фізики, а саме диференціальними рівняннями другого порядку.

- При розв'язанні рівнянь попереднього пункту використовуються спрощення приведенням задачі до стаціонарної форми, зниження мірності простору до дво- або одномірного, припущення про сталість числових і розмірних коефіцієнтів.

- При побудові загальної структури дослідження використовувався феноменологічний принцип, принципи Ле Шательє, суперпозиції, а також враховувалися принципи еквівалентності і взаємності.

- При розробці феноменологічних напрямків досліджень і у зв'язку з переходом до розгляду фізико-хімічних процесів у біоструктурах враховувалися положення, які відрізняють живу клітину від інших утворень, що стосуються «неживої природи». До таких положень віднесено енерго- і масообмінні процеси біоструктур з навколишнім середовищем та внутрішні процеси, що забезпечують їх існування.

Недоліком останнього положення є відсутність достовірної наукової інформації, яка завершується лише описовим і, часто, гіпотетичним характером без математичних узагальнень навіть щодо найпростіших клітинних структур.

Оскільки в цій роботі розглядалися умови співіснування і відмирання рослинних і мікробіологічних структур, то було прийнято припущення про можливість повноти застосування фізичних законів у зв'язку з протиріччям законів еволюційного розвитку. Останнє стосується принципу Карно-Клаузіуса (другого закону термодинаміки) як закону безперервної дезорганізації і руйнування первинних структур, що відображується зростанням ентропії у навколишньому Всесвіті. Разом з тим біологія базується на принципі ускладнення, впорядкування і зменшення ентропії в локальних зонах її існування.

Вказане протиріччя стосується самої фізичної суті цього дослідження, проте воно підлягає розв'язанню на основі принципу І. Пригожина у формі: існує лише один тип фізичних законів, але відмінними є термодинамічні ситуації, в яких вони мають прояви поблизу і у віддаленні від стану рівноваги.

Дисипація структур має місце в безпосередній близькості до стану термодинамічної рівноваги. Зародження нових структур, їх впорядкування і розвиток мають місце за межами сталої термодинамічної стійкості.

У зв'язку з запланованими процесами обробки спаржі прийнято за можливе використовувати математичний апарат сучасної фізики для розгляду актів, що відбуваються в біоструктурах в рамках обмеженого часу вважаючи їх рівноважними і такими, які підлягають другому закону термодинаміки.

Завданням цього дослідження обрано стабілізацію спаржі з приведенням її або її похідних до асептичного стану за рахунок методів анабіозу або абіозу.

У переліку задач дослідження названі технології оброблювання, за яких у більшості випадків співпадають методи впливу на сировину і присутню мікрофлору. Методи впливу стосуються клітинного рівня, що формулює доцільність звертання щодо відповідної інформації відносно їх побудови і властивостей.

Клітинні структури рослинного походження є носіями розчинів різних комплексів сухих речовин, роль розчинників в яких виконує вода з вмістом від 70 до 90 %. Вологість свіжозібраної спаржі досягає 90...92 відсотки. Вміст вологої фракції мікроорганізмів як сапрофітних, так і привнесених також наближений до показника 90 %. Можливо сподіватися, що цей збіг є наслідком співеволюції або, навпаки, надзвичайної стійкості побудови. Масо- і енергообмін у системі рослинних структур і мікроорганізмів означає продовження активної життєдіяльності останніх на шкоду сировинним потокам. Завданням асептичної обробки середовищ є повне припинення вказаного масо- і енергообміну за рахунок відповідної

організації дифузії і осмосу та переходам від плазмолізу до тургору і навпаки, або за рахунок інших методів досягнення летальних станів. Ознакою їх досягнення по мікрофлорі є руйнування клітинних і цитоплазматичних оболонок.

Програмою досліджень передбачалася оцінка можливостей і розробка технології стабілізації та консервування спаржі. У зв'язку з цим дотримувалася наступна послідовність процесів та впливів:

- Після санітарної обробки і подрібнення на заданому рівні спаржа при температурі навколишнього середовища змішується з такими осмотично активними речовинами як цукор або поварена сіль. Співвідношення концентрацій в системі «сировина-консервант» визначається з врахуванням програмованих осмотичних тисків;

- Досвід попередньо виконаних досліджень показав, що досягнення консервувальних ефектів за рахунок цукру потребує співвідношення 1 : 1, а концентрація NaCl порівняно з цукром зменшується у 6 разів;

- Збільшення осмотичного тиску за зменшених концентрацій консервантів досягається частковим випаровуванням вологої фракції, яка виключена з рослинної структури осмомолекулярною дифузією;

- Концентрування розчину передбачено в режимі вакуумного випарювання і воно може бути завершальною стадією розроблюваної технології або може бути продовженням у комбінації з іншими методами;

- Процес осмомолекулярної дифузії вологої фракції суттєво прискорюється в умовах швидкоплинного вакуумування середовища у вакуумній камері.

Вибір на користь вакуумної концентрації розчинів супроводжується наступними наслідками:

- досягається можливість здійснювати випаровування води при температурах, при яких зберігаються біологічно цінні компоненти середовища;

- виконання режиму обробки можливе у формі адіабатного кипіння, а подовжений процес вимагає енергетичної компенсації у зв'язку з втраченою середовищем теплотою пароутворення;

- влаштування пристрою для вакуумної обробки передбачає можливість здійснення перехідного процесу у зниженні тиску від атмосферного до значення $(1,2...2,0) \cdot 10^{-3}$ МПа в безперервному або ступінчастому режимі з заданими паузами витримки. Зниженим тискам відповідають температури фазового переходу для води, наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Температура фазового переходу води в залежності від тиску

Температура фазового переходу, °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Тиск в системі, МПа	$6,025 \cdot 10^{-4}$	$8,61 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$3,17 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$7,28 \cdot 10^{-3}$

Якщо прийняти теплоту пароутворення у вказаному діапазоні температур $r = 2258$ кДж/кг і теплоємність води $c = 4,19$ кДж/(кг·К), то зниження температури середовища на кожні 10 °C супроводжується втратою 41,9 кДж кожним кілограмом середовища. Це дозволяє досягти випару у кількості:

$$m_v = \frac{41,9}{2258} = 0,0186 \text{ кг.}$$

Нижня температурна межа завакуумованого середовища визначається кінцевим мінімальним тиском, досяжним для пристрою. Для подальших розрахунків приймемо $t_{(к)min} = 10$ °C. При цьому величина випару в одному циклі адіабатного кипіння визначається тільки початковою температурою середовища $t_{(н)max}$. Тоді величини випару з кожного кілограма середовища складуть значення, наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Кількість випару води з 1 кг середовища в режимі адіабатного кипіння при різних початкових температурах і $t_{(к)min} = 10$ °C

$t_{(н)}$, °C	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70
m_v , кг	0,0279	0,0372	0,0465	0,0558	0,0651	0,0744	0,0837	0,093	0,112	0,13

Оскільки метою кожної складової дослідження було передбачено визначити фактори впливу щодо летальних ефектів, то в цій частині вводилося обмеження по температурі $t_{(n)\max} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ щоб виключити впливи високих температур.

Особливістю такого підходу є не просто організація вакуумного концентрування розчинів, а перехідний процес адіабатного пароутворення. Рідинна фаза середовища представлена клітинним соком середовища, у якому розчинено консервант. Процес осомолекулярної дифузії при первинній оцінці виглядає як потужна складова зневоднення спаржі. Адіабатне пароутворення має безумовний прояв, який, по-перше, спостерігається візуально, а, по-друге, воно підтверджується різким і швидкоплинним зниженням температури. Збільшення початкової і кінцевої температур означає збільшення енергетичного потенціалу, що спрацює в обмеженому часі. Це означає потужність енергетичної трансформації в оброблюваному середовищі, а присутність фазового переходу вказує на обов'язкову присутність механічних впливів на клітини-носії вологої фракції. Паралельно з цим в таких трансформаціях задіяні і мікробні клітини, які супроводжують середовища. Оскільки наслідком таких змін є активне руйнування клітин спаржі та інтенсивна вологовіддача, то немає заборони феноменологічно перенести подібні наслідки на мікробні клітини. Хоча при цьому необхідно врахувати застереження, яке стосується прогнозу на кінцевий результат. Активна соковіддача рослинної сировини є наслідком руйнування клітин.

У зв'язку з цим відмітимо важливість паралельної дії двох факторів. Перший з них стосується осмотичного шоку в дії на клітини, а другий — глибокого порушення умов термодинамічної рівноваги, оскільки рідинна фаза у своїй первинній формі при зниженому тиску існувати не може. Єдиним можливим відгуком системи є перехід до нового стану рівноваги зі зменшенням надлишку енергетичного потенціалу під час фазового переходу.

Таким чином при паралельному впливі на всі клітинні структури поєднуються два потужних фактори, представлені осмотичним потенціалом системи і фазовим переходом під час досягнення нового рівноважного стану. Важливо, що ці фактори паралельно спрацюють на видалення вологи. Якщо розглядати вплив осмотичного тиску на мікробні клітини, то видно, що початковий осмотичний шок з наступним осомолекулярним масообміном повинен, як мінімум, завершитися плазмолізмом і переходом до бактеріостатичного стану. Це означає, що досягнутим станом здійснено наближення до створення технології подовженого терміну зберігання продукції. При цьому підкреслимо, що стан плазмолізу спрацює на захист мікробних клітин з точки зору можливих механічних руйнувань клітинних оболонок, оскільки внутрішній фізичний тиск в них обмежений. Це означає, що підвищення осмотичних тисків середовищ слугує бар'єром при руйнуванні їх клітинних оболонок.

У зв'язку з викладеними міркуваннями запланована експериментальна перевірка основних положень оцінки осмотичних та фізичних потенціалів дії на рослинні структури спаржі і супроводжуючу мікрофлору.

Лабораторна установка цього дослідження складалася з пристрою для вакуумного оброблювання середовищ 1 з приймальним столиком 2 і комірками 3 з досліджуваними середовищами, вакуумного насосу 4, блоку термодатчиків 5, комп'ютера 6 з принтером 7, мікроскопу 8, відеокамери 9, балону 10 з діоксидом вуглецю, вакуумного пакувального пристрою 11 Easy Pack фірми Webomatic (Німеччина), аналого-цифрового перетворювача 12 ICP DAS I-7018, аналітичних електронних ваг 13, камери Горяєва 14, сушильної камери 15 та камери заморожування 16 (рис. 1).

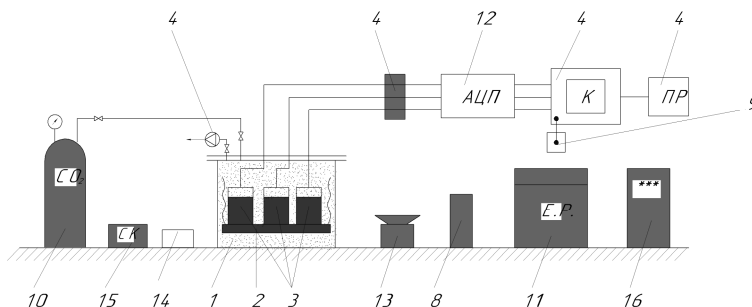


Рис. 1. Схема лабораторної експериментальної установки

Перша частина досліджень виконувалася зі ступінчатою зміною концентрації цукру з показниками 10, 20, 30, 40 та 50 % по масі спаржі з введенням хлібопекарських дріжджів як тест-культури мікроорганізмів. Функцією відгуку передбачалося визначення кінцевої температури за відомих початкових температур, втрати загальної маси середовищ за кожний цикл вакуумування та рівень досягнутих летальних ефектів.

Друга частина досліджень своїм завданням мала визначення рівня впливів осмотичних тисків на летальні ефекти в спеціальних умовах. Останні стосувалися того, що в паралельних умовах вакуумної обробки порівнювалися рівні летальних ефектів мікробної культури в концентрованому середовищі і в середовищі з абсолютним осмотичним тиском наближеним до нуля (у середовищі-дистилаті).

Очікувана різниця впливів вакуумного оброблювання середовищ пов'язана з полюсними значеннями внутрішніх тисків в клітинах. Клітини з концентрованих середовищ наближені до стану плазмолізу, а у середовищі дистилату спостерігається явище тургору.

Паралельна обробка різних середовищ-носіїв мікроорганізмів в умовах однакових показників зміни тисків у вакуумній камері дозволяє досягти хоча б у першому наближенні диференційованої оцінки впливу фактора осмотичного тиску. У зв'язку з цим тест-культура мікроорганізмів відбирається з однієї поставки і здійснюється приготування розводок та проходження лаг-фази у термостаті з температурою 30 °C протягом 3 годин. Наступною виконується операція вакуумної обробки з різними кількостями циклів і різними початковими умовами.

Ця частина досліджень мала подвійне навантаження. По-перше, вона може забезпечити підґрунтя для розробки інноваційної технології консервування спаржі, що само по собі визначає доцільність її здійснення. По-друге, поглиблення теоретичної бази щодо паралельного впливу осмотичного тиску середовищ і режимів фазових адіабатних переходів в них потребує експериментального підтвердження.

Слід звернути увагу на фізичні наслідки режимів вакуумування вологовмістких середовищ і особливо тих, які мають клітинну структуру рослинного походження. Досвід переробки різних ягідних, фруктових і овочевих культур без сумніву приводить до висновків щодо їх різних опорів деформуванню і руйнуванню під дією зовнішніх механічних факторів. Хоча у більшості природних конструкцій названих культур такі характеристики визначаються геометричними формами, матеріалами для синтезу клітинних оболонок і присутністю вологої фракції. Саме остання забезпечує деформаційну стійкість самих клітин і загальної стійкості конструкцій. Та обставина, що значна кількість овочевих і фруктових культур має форми, наближені до сферичних, теж вказує на присутність логіки їх еволюційного розвитку мінімально хоча б з двох причин. Одна з них стосується положення про максимальний об'єм за мінімальної поверхні сфери. А друга причина стосується максимальних міцності і жорсткості, які, що дуже важливо, досягаються лише при повноцінній присутності вологої фракції. Ці особливості можливо рахувати природним феноменом, який стосується можливостей опору тільки зовнішнім силовим впливам. Значний досвід при оцінюванні впливів об'ємних напружених станів приводить саме до такого висновку.

Та обставина, що стан тургору клітин і конструкцій в цілому досягається за рахунок присутності рідинної фази, одночасно обмежує вплив внутрішніх тисків за змін параметрів атмосфери, оскільки зниження тиску в ній практично не приводить до стану її адіабатного кипіння.

Проте технічним втручанням фазовий перехід рідинної фракції є досяжним, що підтверджують дані табл. 3.

Таблиця 3. Співвідношення термодинамічних параметрів рідинної і парової фаз води в умовах фазових переходів

Температура, °C	Тиск в системі, МПа	Питомий об'єм води v' , м ³ /кг	Питомий об'єм пари v'' , м ³ /кг	Співвідношення v' / v''
5	0,00061	0,001	206,3	$206,3 \cdot 10^3$
10	0,0008719	0,001	147,2	$147,2 \cdot 10^3$
15	0,0017	0,001001	77,97	$77,89 \cdot 10^3$
20	0,00234	0,0010018	57,84	$57,74 \cdot 10^3$
25	0,003166	0,001003	43,4	$43,27 \cdot 10^3$
30	0,004241	0,0010044	32,93	$32,79 \cdot 10^3$
35	0,005622	0,0010061	25,24	$25,09 \cdot 10^3$
40	0,007375	0,0010079	19,55	$19,43 \cdot 10^3$
45	0,009584	0,0010099	15,28	$15,13 \cdot 10^3$
50	0,0012335	0,0010121	12,04	$11,89 \cdot 10^3$
55	0,01574	0,00101145	9,587	$9,47 \cdot 10^3$

З неї видно, що з поглибленням рівня вакуумування системи співвідношення питомих об'ємів парової і рідинної фаз різко зростає.

Це означає відповідне зростання тиску в клітинних структурах, яке відбувається в обмеженому інтервалі часу. Однак динаміка зростання тиску не є синхронною до зміни термодинамічних параметрів у повній відповідності, проте з високим рівнем прогнозу руйнування клітинних оболонок відбудеться.

Від моменту руйнування клітинних оболонок, які виконують функції напівпроникних мембран, осмомолекулярна дифузія припиняється, і надалі у відповідності до закону найбільш вірогідного стану досягається гомогенізація рідинної фази з розчиненими компонентами у повному об'ємі середовища разом з об'ємами зруйнованих клітин.

В експериментальних дослідженнях фіксується динаміка зміни температури. При відомій масі середовища це дає можливість визначити кількість теплоти, відведеної в режимі адіабатного кипіння

$$Q_{\text{вак}} = m_v r, \text{кДж.}$$

При відомому часі перехідного процесу визначається потужність енергетичного потоку, що відводиться від середовища

$$W = \frac{\Delta Q_{\text{вак}}}{\Delta t}, \text{кВт.}$$

Вихідні дані цієї частини досліджень відображені у табл. 4. Їх виконання пов'язувалося з уточненням впливів осмотичних тисків розчинів на прогнозовані і засвідчені і літературних джерелах ефекти [3].

З таблиці видно, що збільшення осмотичних тисків послаблює рівень летальних ефектів від вакуумування, яке у цьому дослідженні продовжувалося протягом 10 хв. Рівні летальних ефектів оцінювалися як середньостатистичне 10 дослідів і визначень.

Таблиця 4. Результати оцінювання фізичних і хімічних впливів на рівень летальних ефектів

Середовище	Початкова температура середовища, °С	Залишковий тиск у вакуумній камері, МПа	Рівень летальних ефектів, %	Початкова температура середовища, °С	Залишковий тиск у вакуумній камері, МПа	Рівень летальних ефектів, %
	без адіабатного кипіння			з адіабатним кипінням		
Вода + дріжджі	15	0,002	75	38	0,002	92
10 % розчин цукру у воді + дріжджі	15	0,002	53	38	0,002	72
15 % розчин цукру у воді + дріжджі	13	0,002	51	38	0,002	64

Оскільки підрахунки співвідношення живих і неживих клітин здійснювалося у камері Горяєва і у зв'язку з тим, що зафарбовування дріжджових клітин досягається лише у разі руйнування їх оболонок, то цей результат слід віднести на рахунок змінного фізичного тиску. Окрім того підтверджується захисний ефект осмотичних тисків та руйнівні ефекти режимів вакуумування з фазовими переходами.

Феноменологічний прогноз щодо рівнів летальних ефектів стосувався таких показників, як час витримки середовищ у вакуумній камері та динаміка зміни тисків.

Узагальнені дані цієї частини досліджень наведені у табл. 5. Стабілізована на величині 8 °С початкова температура середовища забезпечувала відсутність адіабатного кипіння.

Разом з тим відчутний вплив на загальний результат має динаміка зниження тиску.

Наведені у табл. 4 та 5 узагальнені результати досліджень визначають можливість вибору параметрів впливу. При цьому не виключена можливість взаємних впливів факторів і тому перехід до комплексної оцінки доцільно обрати вибором багатofакторного експерименту.

Таблиця 5. Дані оцінювання впливів часу витримки середовищ в умовах вакуумування і динаміки зміни тисків на рівень летальних ефектів

Середовище	Початкова температура середовища, °С	Час зниження тиску, с	Час витримки у вакуумній камері, с	Рівень летальних ефектів, %
Вода + дріжджі	8	90	60	21
Вода + дріжджі	8	90	120	32
Вода + дріжджі	8	90	1200	100
Вода + дріжджі	8	15	10	95
Вода + дріжджі	8	15	30	100
Вода + дріжджі	8	15	60	100

Висновки. 1. Феноменологічний аналіз з прогностичною оцінкою захисних впливів середовищ від дії мікроорганізмів дозволив віднести до факторів впливів такі:

- осмотичні тиски;
- змінні фізичні тиски;
- початкові температури при фіксованих кінцевих температурах;
- кількість циклів вакуумної обробки або час витримки у завакуумованому стані.

2. Збільшення осмотичних тисків в зовнішніх для мікробних клітин середовищах супроводжується протекторними ефектами, появи яких можуть пояснюватися станом плазмолізу клітин.

3. Збільшення протекторних властивостей середовищ щодо масообміну на міжфазній поверхні «клітина-середовище» по діоксиду вуглецю зростає зі зменшенням тиску. Теоретично зниження тиску в системі у наближенні до нуля наближає опір масопередачі до нескінченності. Це положення визначає доцільність створення вакуумованих упаковок зі стабілізованими тисками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурдо О.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах / О.Г. Бурдо, Л.Г. Калинин. — Одесса: «Друк», 2008. — 348 с.
2. Гленсдорф П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуации / П. Гленсдорф, И. Пригожин. — М.: Мир, 1973. — 280 с.
3. Шевченко О.Ю. Наукові основи і апаратурне оформлення процесів довгострокового зберігання харчових продуктів // Дис. на здобуття наукового ступеня д.т.н. — К.: НУХТ. — 2007. — 421 с.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В РАЗРАБОТКАХ ТЕХНОЛОГИЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

И. Гонта

Уманский национальный университет садоводства

И. Максименко, С. Мироненко

Национальный университет пищевых технологий

В публикации представлена информация об особенностях применения феноменологических подходов в разработках технологий стабилизации продукции растительного происхождения. Обосновывается программа исследований, оценка возможностей и разработка технологий стабилизации спаржи и производных ее переработки.

Ключевые слова: спаржа, стабилизация, физические воздействия, вакуумная обработка, осмотические давления, энергия, импульсы, микроорганизмы, флора, закон.

ENVIRONMENT-FRIENDLY MANUFACTURING OF DAIRY PRODUCTS

A.A. Druzenko

International Human Rights Defence Committee

N.M. Korchyk, V.Y. Besedyuk

National university water and management of nature

Key words:	ABSTRACT
milk, protein product, pH, Eh, coagulation, whey	In order to increase the degree of conversion of the raw material components into the finished product, through a systemic approach to this work the informational technologies are used, such as the expert systems. That is one of the basic concepts of environment-friendly manufacturing. Based on the analysis of the elements of environment-friendly dairy products manufacturing it seems necessary to establish a connection between pH and Eh of the dairy products in technology of getting the protein mass. According to results of the experimental studies we have established the necessity of formation the pH and Eh values of milk at all stages of the formation of the protein mass.
Article history: Received Received in revised form Accepted	
Corresponding author: boris_rozдобudko@ukr.net	

ЕКОЛОГІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

А.А. Друзенко, уповноважений МГО

«Міжнародний комітет з захисту прав людини» в Рівненській області,

Н.М. Корчик, канд.техн. наук, В.Ю. Беседюк

Національний університет водного господарства

та природокористування, м. Рівне

З метою забезпечення підвищення ступеня перетворення компонентів сировини в готовий продукт, що є однією з основних концепцій екологічного виробництва, в рамках системного підходу в даній роботі використовуються інформаційні технології, а саме експертні системи. На підставі аналізу елементів екологічного виробництва молочних продуктів є необхідним встановити зв'язок між рН та Eh молочних продуктів в технології добування білкової маси. За результатами експериментальних досліджень встановили необхідність формування величини рН та Eh молока на усіх стадіях процесу утворення білкової маси.

Ключові слова: молоко, білковий продукт, рН, Eh, утворення згустку, сироватка.

Екологічне виробництво молочних продуктів являє собою систему, що забезпечую комплексне використання цінних компонентів молока та зменшення (знешкодження) відходів. На даний час в розвитку молочної промисловості можна відмітити дві тенденції:

1. Виробництво продукції, що відповідає традиційним технологіям та обладнанню (фермерські господарства, «кустарні» виробництва);

2. Виробництво продукції з використанням комплексів механізації та модернізації в напрямку повної автоматизації керування технологічним процесом.

Як правило, рівень механізації (автоматизації) прямо пропорційний об'єму переробки молока, що відкриває можливість появи на ринку нових видів продукції молочної промисловості. При цьому, збільшення виходу готової продукції шляхом стабілізації та

нормалізації сировини (молока) як правило досягається за рахунок використання харчових добавок, барвників, підсилювачів та замінювачів смаку тощо. В результаті відмічається, що ряд основних продуктів, наприклад сир, сметана за смаковими, харчовими та біологічним показникам не відповідають традиційним історично відомим продуктам. З іншого боку, стічні води, що утворюються від миття обладнання, сироватка, розсолні розчини, тощо, являють собою екологічно небезпечні відходи, які містять важко окислювальні речовини, що порушують структуру активного мулу при біологічному очищенні стічних вод в аеротенках міських очисних спорудах, ускладнюють зброджування осадів активного мулу. Наявність в миючих розчинах різних ПАР тільки погіршує ситуацію.

Актуальність проблеми. Актуальним являється розробка та організація екологічних систем переробки молока, яка дозволить перейти до виробництва біологічно- та живильних повноцінних продуктів, в тому числі виконання індивідуальних замовлень з одночасним підвищенням рентабельності виробництва, зменшення відходів.

Технологія екологічного виробництва молочних продуктів може включати:

1. Виробництво сиру;
2. Виробництво супутніх продуктів (сметани, вершків, масла, альбумінного сиру, сироваткового квасу);

3. Переробка відходів та стічних вод.

Широкий асортимент продукції забезпечується можливістю зміни технологічних параметрів: підвищення кислотності сквашування, дози сичужного ферменту, часу та температури, міри подрібнення згустку.

Однією з найголовніших концепцій екологічних виробництв є глибина переробки сировини (молока, сироватки в цільовий продукт) [1]. Дана концепція може бути виконана за допомогою вірного вибору процесу та підтримання оптимальних параметрів і в тому числі оперативному втручанню в перебіг технологічного процесу у разі їх порушення. Таким чином, екологічне виробництво повинне включати як допоміжну систему крім лабораторії, контроль безпосередньо в ході технологічного процесу.

Залишається не вирішене питання керування стадії перетворення молока в молочно-білковий продукт: згортання молока та виділення сироватки зі згустку, що пов'язана з процесами еволюції ферментів та мікроорганізмів.

З метою забезпечення підвищення ступеня перетворення компонентів сировини в готовий продукт, що є однією з основних концепцій екологічного виробництва, в рамках системного підходу в даній роботі використовуються інформаційні технології, а саме експертні системи. Такі системи є джерелом узагальненої інформації для створення моделі регулювання окисно-відновних та кислотно-основних властивостей, що дозволить у потрібні моменти знайти необхідні напрями розв'язку певного завдання, тобто забезпечити оптимальні параметри перетворення компонентів сировини, побічних продуктів, відходів, в тому числі стічних вод при зміні вхідних параметрів.

Для такої конкретизації в рамках системного підходу використовується метод QFD, тобто експертний метод, який застосовує табличний спосіб подання даних, що дозволить зосередити увагу на найважливіших характеристиках та завданнях кожної підсистем складної системи екологічного виробництва молочних продуктів [2].

1-ша підсистема — добування молочно-білкових продуктів (сир), яка включає як елемент згортання білків обробку згустку, формування та видалення сироватки за способом кислотної (термокислотної) або сичужної коагуляції.

2-га підсистема — переробка побічних продуктів шляхом добування вершків, сметани, масла, альбумінного сиру, що включає як елементи:

- 2.1. виробництво сметани з визріванням вершків перед заквашуванням;
- 2.2. виробництво солодко-вершкового масла за способом збивання;
- 2.3. виробництво альбумінного сиру за способом термокислотної коагуляції. Сировиною екологічного виробництва, що розглядається, є цільне молоко, вершки, сироватка, допоміжні матеріали (CaCl_2 , Na_2CO_3 , сичужний фермент, бактеріальні закваски).

- 3-тя підсистема — переробка відходів та очищення стічних вод.

На рис. 1 представлені елементи системного підходу за методом QFD, що характеризує першу підсистему, а саме добування молочно-білкової маси.

З наведених на рис. 1 даних витікає, що один з можливих регулюючих параметрів на кожній стадії утворення білкової маси є pH, що характеризує кислотно-основну рівновагу дисперсних, фазових структурних перетворень білків в комплекси з фосфатом (цитратом кальцію) [3, 4].

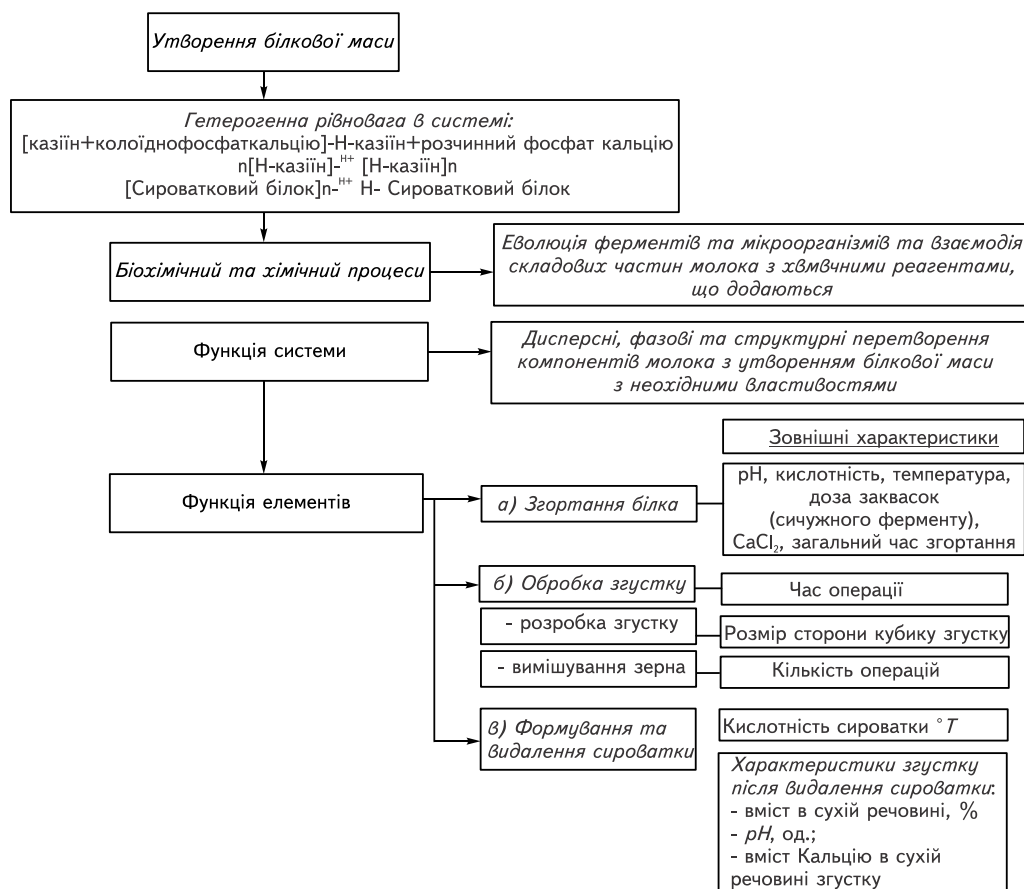


Рис. 1. Елементи системного підходу за методом QFD

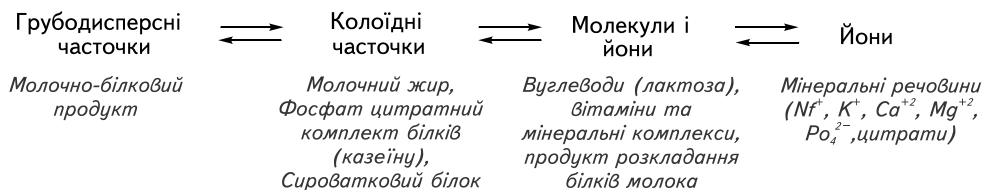
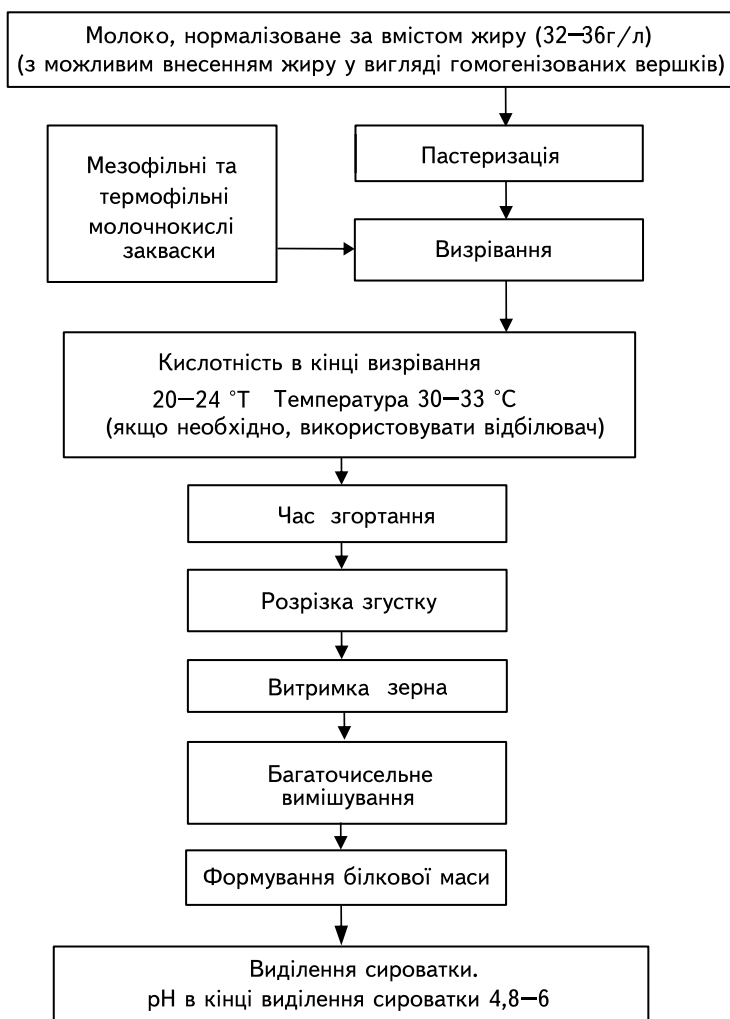


Рис. 2. Фазово-дисперсні перетворення компонентів молочних продуктів в процесі добування білкової маси

Кислотно-основна рівновага водних систем (рН), в тому числі молока та молочних продуктів, тісно пов'язана з окисно-відновною рівновагою (окисно-відновний потенціал ОВП) для водних систем позначається як E_h .

Тому надалі являється необхідним встановити зв'язок між рН та E_h молочних продуктів в технології добування білкової маси, переробки сироваткового фільтрату, знешкодження (очищення стічних вод).

Дослідження проводили за схемою:

**Рис. 3. Схема отримання молочно-білкової маси**

Проби досліджували методом потенціометричного титрування за стандартною методикою.

Для об'єктів, що досліджуються, експериментальне визначене значення рН та Eh, що характеризують зміну окисно-відновних та кислотно-основних умов дорівнює:

— для молока, що нормалізоване за вмістом жиру:

$$\text{pH} = 6,6, \text{Eh} = 0,180 \text{ В};$$

— для пастеризованого молока:

$$\text{pH} = 6,6, \text{Eh} = 0,180 \text{ В};$$

— молоко після сквашування:

$$\text{pH} = 4,2, \text{Eh} = -0,340 \text{ В};$$

— після витримки зерна:

$$pH = 4,5, E_h = -0,100 \text{ В};$$

— після формування сирної маси для сироватки

$$pH = 4,0, E_h = -0,310 \text{ В}.$$

Висновки. Один з можливих регулюючих параметрів на кожній стадії утворення білкової маси є pH, що характеризує кислотно-основну рівновагу дисперсних, фазових структурних перетворень білків в комплекси з фосфатом (цитратом кальцію).

На підставі аналізу елементів екологічного виробництва молочних продуктів є необхідним встановити зв'язок між pH та E_h молочних продуктів в технології добування білкової маси.

Проведені дослідження окисно-відновних та кислотно-основних властивостей дають підставу вважати необхідним формування величини pH та E_h молока на усіх стадіях процесу утворення білкової маси.

Результати проведених досліджень показали, що на стадії нормалізації, пастеризації, молоко має слабо-кисло-окислювальне середовище. $pH = 6,6$,

$$E_h = +0,12 \div +0,18 \text{ В}.$$

На стадії сквашування, витримки зерна і для сироватки — кисле відновлювальне середовище. $pH = 4,2 - 4,5$, $E_h = -0,1 \div -0,34 \text{ В}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яворський В.Т. Загальні хімічні технології / В.Т. Яворський. — Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2005. — 552 с.

2. Sullivan L.P. Quality Function Deployment / L.P. Sullivan // QualityProgress. — 1986. — Р. 39—50.

3. Н.М. Корчик. Способ регулирования буферной емкости детских молочных продуктов./Н.М. Корчик, Н.Г. Алексеев. // Сборник научных трудов «Повышение эффективности и качества продуктов детского питания». — М.: 1983. — С. 3.

4. Пат. 2461210 RU, С1. Способ получения белкового концентрата из сыворотки / Евдокимов Иван Алексеевич (RU), Золоторева Марина Сергеевна (RU), Абакумова Елена Анатольевна (RU) — № 2011110284/10; заявл. 18.03.2014; опубл. 20.09.2012.

ЕКОЛОГІЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

А.А. Друзенко

Международный комитет по защите прав человека

Н.М. Корчик, В.Ю. Беседюк

Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования

С целью обеспечения повышения степени преобразования компонентов сырья в готовый продукт, что является одной из основных концепций экологического производства, в рамках системного подхода в данной работе используются информационные технологии, а именно экспертные системы. На основе анализа элементов экологического производства молочных продуктов представляется необходимым установить связь между pH и E_h молочных продуктов в технологии получения белковой массы. По результатам экспериментальных исследований установили необходимость формирования величины pH и E_h молока на всех стадиях процесса образования белковой массы.

Ключевые слова: молоко, белковый продукт, pH, E_h , образование сгустка, сыворотка.

MODELING ABSORPTION PROCESS IN THE PASSAGE POROUS CAPILLARIES

A.M. Svitlyk, A.M. Prokhorov

National University of Food Technologies

Key words:

fast regime,
two-phase medium,
absorption,
porous capillary,
diffusion process.

Article history:

Received 10.06.2014
Received in revised
form 2.09.2014
Accepted 10.10.2014

Corresponding author:

the_djs@live.com

ABSTRACT

The process of liquid carbon dioxide saturation has been studied. It was carried out in microcapillaries having capillary porous structure. It was described in detail the peculiarities of gas-liquid absorption processes regime. The scheme of two-phase medium movement in the fast regime has been given. Proposed theoretical basis of the diffusion process in porous capillary. Described mass transferring diffusion process in motion in capillaries. To determine the amount of stuff that came in liquid Q on

chopping capillary $x_1 = L$ at time t — got the equation: $Q_3 = 2\sqrt{\frac{D_1 t}{\pi}} C_2$.

This article may be used to develop equipment for fluid saturation.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АБСОРБЦІЇ В ПРОХІДНИХ ПОРИСТИХ КАПІЛЯРАХ

А.М. Світлик, асп., О.М. Прохоров, доц., канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Розглянуто процес насичення рідини діоксидом вуглецю в пористих прохідних капілярах. Описано особливості абсорбційних процесів в прохідних капілярах. Запропонована фізична модель руху двофазного середовища в снарядному режимі. Для визначення кількості речовини що перейшла у рідину Q при довжині капіляра $x_1 = L$

за час t — отримали рівняння: $Q_3 = 2\sqrt{\frac{D_1 t}{\pi}} C_2$. Дана стаття може бути використана при розробці обладнання для сатурації рідин.

Ключові слова: снарядний режим, двофазне середовище, абсорбція, пористий капіляр, дифузійний процес.

Вступ. В харчовій промисловості розпочали впроваджуватися мікротехнології. Особливе значення займає процес насичення рідини діоксидом вуглецю. Даний процес можна провести в мікрокапілярах, які мають пористу структуру. Перспективним режимом проведення газорідних абсорбційних процесів являється снарядний режим. В даному режимі рух газорідної суміші складається із певних об'ємів рідини відділених один від другого газовими пробками. Особливостями даного режиму являється: значне перемішування рідинної фази за рахунок тейлорівських вихорів, незначний дифузійний шлях для молекул газу, що проникає через плівку рідини із газового об'єму, що знаходиться між рідиною та перфорованою стінкою капіляра.

Мета дослідження. Дослідження процесу абсорбції в порожнині пористого капіляра являється актуальною масообмінною задачею. Характер дифузійного процесу в внутрішній порожнині капіляра суттєво відрізняється від даного процесу у великому об'ємі. В даній роботі запропоновані теоретичні основи дифузійного процесу абсорбції діоксиду вуглецю у рідині під час їх руху в порожнині пористого капіляра.

Методика дослідження. В капіляр поступає рідина з концентрацією $C_1 = 0$. Через пори капіляру поступає газ з концентрацією C_2 . При русі по капіляру відбувається масообмінний дифузійний процес. Даний масообмінний процес можна описати [1].

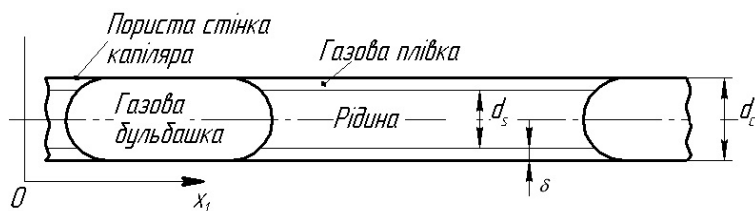


Рис. 1. Схема руху двухфазного середовища в капілярному режимі

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - D_1 \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} \right) C_1 = 0, \quad C_1 = 0$$

$$x_1 \in (0, \infty), \quad t \in (0, \infty)$$

$$C_1(x, t) = C_2 = \text{const}$$
(1)

де: x_1 — координата від початку до кінця капіляру; t — час; C_1 — концентрація газу в рідинній фазі; D_1 — коефіцієнт дифузії із газової у рідинну фазу.

Потрібно визначити масу діоксиду вуглецю, що розчинився у воді на виході із капіляру $x = L$.

Можна рівняння (1) записати у вигляді

$$\left(\frac{\partial^{1/2}}{\partial t^{1/2}} \sqrt{D_1} \frac{\partial}{\partial x_1} \right) \left(\frac{\partial^{1/2}}{\partial t^{1/2}} + \sqrt{D_1} \frac{\partial}{\partial x_1} \right) C_1 = 0.$$
(2)

Основи розв'язування дробного диференціювання наведені в роботі [2]

$$\frac{\partial^{\vartheta} f(t)}{\partial t^{\vartheta}} D^{\vartheta} f(t) = \frac{1}{\Gamma(1 - \vartheta)} \frac{\partial}{\partial t} \int_0^t (t - \tau)^{-\vartheta} f(\tau) d\tau,$$

$$\vartheta \in (-\infty; 1), \quad D^{\vartheta} D^{\mu} f(t) = D^{\vartheta + \mu} f(t), \quad \vartheta + \mu \leq 1$$

$$D^{\vartheta} D^{\mu} = \frac{\Gamma(\mu + 1)}{\Gamma(\mu + 1 - \vartheta)} t^{\mu - \vartheta}, \quad \mu - \vartheta > -1$$
(3)

де: $f(t)$ — функція часу; Γ — гамма-функція.

Розглянемо рівняння, утворене правим операторним множником в рівнянні (2)

$$\left(\frac{\partial^{1/2}}{\partial t^{1/2}} + \sqrt{D} \frac{\partial}{\partial x_1} \right) C_1 = 0$$
(4)

Записуючи рівняння (4) при умові $x_1 = L$, отримуємо вираз для граничного градієнту:

$$-\sqrt{D_1} \frac{\partial C_1}{\partial x_1} \Big|_{x=L} = D^{1/2} C_1 \Big|_{x=L} = D^{1/2} C_2$$
(5)

де D — оператор диференціювання, s^{-1} .

Згідно закону Фіка, потік речовини через поверхню F_s визначається:

$$F_s = F|_{x_1=L} = -D_1 \frac{\partial C_1}{\partial x_1} \Big|_{x=L} = \sqrt{D_1 D}^{1/2} C = \sqrt{\frac{D_1}{\pi t}} C_2 \quad (6)$$

Маса речовини Q , що перейшла із газової фази у рідинну фазу при довжині капіляра $x_1 = L$ за час t

$$Q = D^{-1} F_s = \int_0^t F_s(\tau) d\tau \sqrt{D_1 D}^{1/2} C_2 = 2 \sqrt{\frac{D_1 t}{\pi}} C_2 \quad (7)$$

Перевірку достовірності теоретичних результатів що описують процес абсорбції діоксиду вуглецю у рідині під час їх руху в прохідних пористих капілярах можна отримати на основі експериментальних досліджень.

Висновки. В даній роботі описаний масообмінний дифузійний процес, який відбувається при русі в капілярі. Запропоновані теоретичні основи дифузійного процесу абсорбції діоксиду вуглецю у рідині під час їх руху в пористому капілярі.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бабенко Ю.И.* Тепломассообмен. Метод расчёта тепловых и диффузионных потоков / Бабенко Ю.И. — Л.: Химия, 1986.
2. *Самко С.Г.* Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения / Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. — Минск: Наука и техника, 1987.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ В ПРОХОДНЫХ ПОРИСТЫХ КАПИЛЛЯРАХ

А.М. Свитлык, А.Н. Прохоров

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрен процесс насыщения жидкости диоксидом углерода в пористых проходных капиллярах. Описаны особенности абсорбционных процессов в проходных капиллярах. Разработана физическая модель движения двухфазной среды в снаряжном режиме. Для определения количества вещества которое перешло из газовой фазы в жидкость Q

при длине капилляра $x_1 = L$ за время t — предложено уравнение: $Q_3 = 2 \sqrt{\frac{D_1 t}{\pi}} C_2$. Данная

статья может быть использована для интенсификации процессов абсорбции газа в жидкости.

Ключевые слова: *снарядный режим, двухфазная среда, абсорбция, пористый капилляр, диффузный процесс.*

BOILING IN MICRO I MACROCHANNELS (STATE-OF-THE-ART REVIEW)

V.R. Kulichenko

National University of Food Technologies

Key words:

micro channel,
macro channel,
boiling is heat emission,
bubble,
boiling modes,
thermal stream.

Article history:

Received 6.03.2014

Received in revised

form 14.10.2014

Accepted 14.11.2014

Corresponding author:

ingmex@ukr.net

ABSTRACT

Consideration exothermic process of transmission of heat in mini or macro channel which contains a boiling liquid and can take into account any of the followings cases or any combination of these cases: process of the partial boiling in a micro channel with a chemical reaction in a contiguous reactionary chamber; process of the partial boiling in a micro channel with a chemical reaction in a contiguous reactionary chamber, whereby the temperature of catalyst rises less than on 10 °C, 5 °C, 3 °C on along length of reactionary chamber, and time of reactionary contact makes less than 300 μs; process of the partial boiling in a micro channel together with the process of change of phase in a contiguous technological chamber, by virtue of what extension temperatures in a technological chamber makes less 10 °C; process of the partial boiling in a micro channel together with the process of mixing in a contiguous technological chamber, by virtue of what extension temperatures in the chamber of mixing makes less 5 °C; process of the partial boiling in a micro channel together with the process of fermentation in a contiguous technological chamber.

КИПІННЯ В МІКРО- І МАКРОКАНАЛАХ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД)

В.Р. Кулінченко, д-р. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Розглянутий екзотермічний процес передачі тепла в мікро або макроканал, який містить киплячу рідину і може враховувати будь-який з наступних випадків або будь-яку комбінацію цих випадків: процес часткового кипіння в мікроканалі з хімічною реакцією в суміжній реакційній камері; процес часткового кипіння в мікроканалі з хімічною реакцією в суміжному реакційному мікроканалі; процес часткового кипіння в мікроканалі з хімічною реакцією в суміжній реакційній камері, за допомогою чого температура каталізатора підвищується менш 10, 5, 3 °C на довжині реакційної камери, а час реакційного контакту складає менше 300 мс.

Ключові слова: мікроканал, макроканал, кипіння, тепловіддача, бульбашка, режими кипіння, тепловий потік.

Завдання пов'язане з методами, пристроями і системами, в яких має місце часткове кипіння рідини в мікро- або макроканалі. Один з розмірів макроканалу складає 10 мм або менше. Один з розмірів мікроканала рівний 2 мм або менше, а в деяких варіантах конструкції в межах від 0,01 до 2 мм. Не дивлячись на те що мікро- і макроканали зазвичай мають такі розміри, в деяких конструкціях діаметр мікроканала складає $D_h < 2$ мм, де D_h — гідралічний діаметр, а мікроканал визначається як канал, що має величину D_h від 2 до 10 мм.

Теорія часткового кипіння. Відомо, що кипіння є високоефективним механізмом передачі тепла, який забезпечує високу густину теплового потоку на основі площі поверхні і об'єму. Існує декілька режимів кипіння, включаючи потік з низьким масовим паровмістом потоку, бульбашкове кипіння, плівкове кипіння, а також кипіння в перехідному режимі.

Бульбашкове кипіння в основному знаходить своє застосування в промислових установках. Кипіння може відбуватися на поверхні теплопередачі як в потоці рідини, так і у великому об'ємі, або в об'ємі самої рідини. За допомогою фазового переходу рідини, кипіння в потоці може досягти ізотермічного стоку теплоти під час фазового переходу. Кипіння в потоці може досягти дуже високих коефіцієнтів конвективної теплопередачі і разом з ізотермічною рідиною дозволяє стінці теплопередачі залишатися при квазіпостійній температурі уздовж напрямку потоку. Така теплопередача є бажаною ситуацією для різних теплових застосувань в областях хімічних, мікробіологічних, фармацевтичних процесів.

У багатьох хімічних процесах, наприклад, в екзотермічному хімічному реакторі, швидкість реакції сильно залежить від локальної температури. Оптимальна температура по всій зоні реакції часто приводить до максимального виходу продуктів реакції, хімічного перетворення і бажаної вибірконості. Таким чином, теплопередача при кипінні використовується при управлінні технологічним процесом або терморегулюванні різних реакцій для підтримки ізотермічних теплових умов, при яких екзотермічна реакція(ї) виділяє тепло. В порівнянні з управлінням процесом кипіння, система охолодження шляхом однофазного хімічного перетворення рідини зазвичай не досягає схожих ізотермічних граничних умов для реакцій без великих швидкостей потоку, які необхідні для підтримки потоку при постійній температурі і збільшення конвективного теплового потоку.

До теперішнього часу кипіння в мікроканалах не використовувалося для терморегулювання і контролю процесів хімічних реакцій в мікроканалах із-за різних передбачуваних або практичних технічних проблем, включаючи наступні:

1. Кипіння потоку в мікроканалах пов'язане з такими формами потоку, які відрізняються від тих, які були виявлені в звичайних каналах, де бульбашки пари менше діаметру каналу, а стінка каналу зазвичай добре змочена рідиною. Гідравлічний діаметр мікроканалів звичайно менше характерного діаметру бульбашок пари, тому із-за капілярного ефекту парові і рідинні пробки послідовно стікають одна за одною до певної ділянки каналу (рис. 1). Методи прогнозування і критерії проектування для такої форми потоку визначені не дуже добре.

2. Інші бажані режими потоку, такі як аерований потік і кільцевий режим потоку, можуть бути отримані тільки в дуже вузькому діапазоні параметрів потоку або за обмежених умов роботи, або можуть бути взагалі відсутніми.

3. Із-за наявності парових пробок може виникнути локальна ділянка перегріву стінки і, як наслідок, неоднорідність температури унаслідок низької швидкості теплообміну між паром і стінкою.

4. Із-за наявності парових пробок при кипінні в мікроканалі може виникнути сильний потік і коливання тиску. Відразу ж може виникнути нестабільність всієї системи охолодження.

5. Криза теплопередачі може відбутися навіть при слабкому тепловому навантаженні зважаючи на велику різницю між коефіцієнтами теплопередачі при випаровуванні і при конвекції однофазної пари. Це характеризується критичним тепловим потоком (КТП), який може бути дуже низьким, і призвести до неізотермічного теплообміну.

6. Розподіл і розгалуження потоку в наборах мікроканалів з двофазним потоком утруднені, тоді як для бажаної продуктивності процесу зазвичай потрібна велика кількість інтегрованих каналів (рис. 1).

Даний процес дає можливість використовувати кипіння потоку в мікроканалах, інтегрованих в одиничні операції, для реалізації стійкої ізотермічної граничної умови для екзотермічної реакції. Таким чином, є можливість для теплового управління процесом реакції для роботи за оптимальних умов.

Термін «рівноважний масовий паровміст X_{eq} », також відомий як якість або X , визначається наступним чином:

$$X_{eq} = \frac{zq''P}{AGh_{fg}}, \quad (1)$$

де z [м] — відстань від входу каналу у напрямі потоку води (м); q'' [Вт/м²] — середній тепловий потік біля стінки каналу; P [м] — периметр каналу, перпендикулярний по відношенню до напрямку потоку; A [м²] — площа поперечного перерізу каналу, перпендикулярна по відношенню до напрямку потоку; G [кг/м²·с] — швидкість потоку маси через площу поперечного перерізу каналу, перпендикулярну по відношенню до потоку; h_{fg} [Дж/кг] — прихована теплота паротворення.

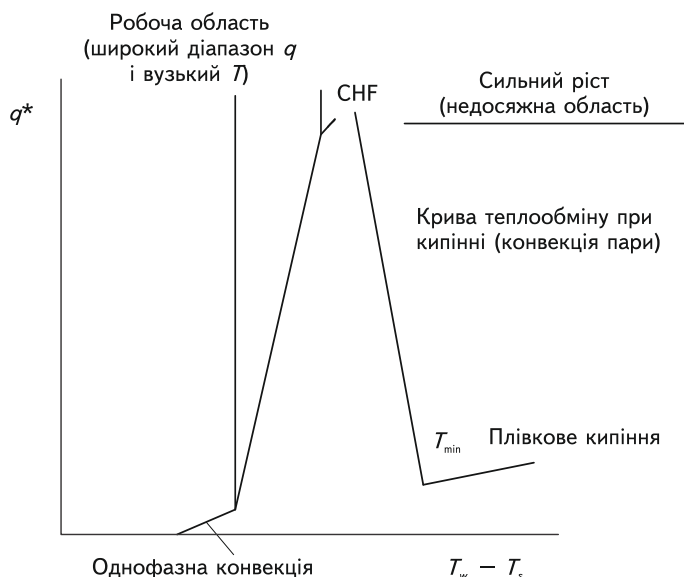


Рис. 1. Схема режимів киплячого потоку в мікроканалі

Рівняння (1) припускає, що:

1) Точка початку бульбашкового кипіння (ПБК) при $X_{eq} = 0$ знаходиться прямо на вході до каналу. На практиці, потік води на вході буде трохи не догрітим із-за неконденсованого газу. По суті, місцеположення $X_{eq} = 0$ не знаходиться в перерізі $z = 0$, де z є напрямком потоку і $z = L$ (де L — довжина мікроканала кипіння) є кінцем мікроканала. З іншого боку, потік води на вході міг би бути також перегрітим $X_{eq} > 0$ в результаті попереднього нагрівання, щоб підтримувати температуру води перед її входом в канал;

2) Перегрів стінки $T_w - T_{sat}$ є досить великим для того, щоб почати кипіння біля входу в мікроканал, який складає перші 5 % його довжин;

3) q'' — постійна уздовж краю каналу і уздовж напрямку потоку.

Для того, щоб визначити падіння тиску в каналі, необхідно знати локальний масовий паровміст конвекційного потоку. Знаючи зміну істинного об'ємного паровмісту і ступінь сухості вологої пари уздовж довжини каналу, падіння двофазного тиску в каналі можна розрахувати за допомогою моделі відокремленого потоку [1]. Рівняння, приведені нижче, розбиває падіння тиску на втрати із-за тертя і прискорення під час процесу кипіння

$$\Delta p = \Delta p_{fr} + \Delta p_{occ} = \int_0^z \frac{2 f_o G \Phi_{la}}{D_b c_l} dz + \int_0^z G^2 \frac{dX}{dz} \left\{ \left[\frac{2X}{c_v b} - \frac{2(1-X)}{c_l b} \right] + \frac{d\phi}{dz} \left[\frac{(1-X)^2}{c_l (1-b)^2} - \frac{X^2}{c_v b^2} \right] \right\} dz, \quad (2)$$

де D_b [m] — гідравлічний діаметр каналу; f_o [—] — коефіцієнт тертя каналу, коли повна масова швидкість потоку відповідає рідині; f_l [—] — коефіцієнт тертя каналу, коли масова швидкість потоку відповідає рідині, $G(1-X)$; ρ_v [кг/м³] — густина парової фази; ρ_l [кг/м³] — густина рідкої фази.

Для членів рівняння (2), які не визначені вище, застосовується параметр Мартінееллі χ , який визначає градієнти тиску для потоку тільки рідини над градієнтом тиску потоку тільки пари

$$\chi^2 = (dp/dx)(dp/dx), \quad (3)$$

де p — локальний статичний тиск. Кореляція для α у рівнянні (2) для турбулентного потоку у великих трубах становить

$$\zeta = \left[1 + 0,28 \text{ч}^{0,71} \right]^{-1}. \quad (4)$$

Значення Φ_{lo}^2 множника тертя двофазного потоку залежить від множника тертя потоку тільки рідини Φ_l^2 і локального масового паровмісту

$$\Phi_{lo}^2 = \Phi_l^2 \left(\frac{f_l}{f_{lo}} \right) (1 - X)^2, \quad (5)$$

Множник тертя для потоку тільки рідини задається кореляцією Мартинеллі-Нельсона як

$$\Phi_l^2 = 1 + \frac{C}{\text{ч}} + \frac{1}{\text{ч}^2}. \quad (6)$$

С в рівнянні (6) має члени, які залежать від режимів газової і рідкої фаз потоку, а саме 20: при рідина — турбулентна, газ — турбулентний; 12: при рідина — в'язка, газ — турбулентний; 5: при рідина — в'язка, газ — в'язкий. Лі [2, 3] запропонував проводити кореляцію коефіцієнта:

$$C = 0,06185 \text{Re}_{lo}^{0,726} \quad (7)$$

для мікроканалів до $D_h \sim 0,8$ мм.

Термін «критичний тепловий потік», або КТП, є локальний тепловий потік, в якому температуру стінки неможливо підтримувати унаслідок зміни механізму теплопередачі від кипіння до конвекції пари.

Це призводить до утворення локалізованої ділянки місцевого перегріву. На рис. 1 показана типова крива кипіння, де тепловий потік відкладається по вертикальній осі, а різниця між температурами стінки T_w і насиченій рідині T_s — по горизонтальній. Менші значення діапазону різниці температур мають однофазна теплопередача і слабкі теплові потоки. Існує порогова різниця температур, за якої починається бульбашкове кипіння, а невелике збільшення цієї різниці може викликати значні теплові потоки, оскільки почнеться бульбашкове кипіння. КТП з'являється у тому випадку, коли різниця досягає точки, де швидкість теплообміну міняється від бульбашкового керованого потоку до локальної кризи тепловіддачі при висиханні, а опір газової фази починає переважати по відношенню до теплообміну. КТП може призвести до висихання стінки.

Результати КТП для великих гідравлічних діаметрів досить добре описані. КТП для насичених рідин, зазвичай, є функцією наступних чинників:

1. Швидкість потоку: КТП йде вгору (зростає), коли швидкість потоку збільшується для заданих умов вхідного каналу і геометрії.
2. Тиск: коли тиск збільшується, починаючи з тиску навколишнього середовища, то КТП зростає до локального максимуму і поступово зменшується при тиску, що збільшується.
3. Розмір каналу: КТП зростає при збільшенні розміру каналу;
4. Довжина каналу: довші канали приводять до нижчого КТП;
5. Сухість вологої пари: підвищена сухість пари X приводить до зменшення КТП.

Під час насиченого кипіння розмір каналу і сухість пари пов'язані з середнім тепловим потоком стінки. Таким чином, більший тепловий потік процесу швидко досягає локального КТП за рахунок вищої швидкості пароутворення і певної кількості накопиченої пари.

Показник кипіння, Bo — це тепловий потік, розмірність якого не визначається потоком маси і прихованою теплою паротворення

$$Bo = \frac{q''}{Gh_{fg}}. \quad (8)$$

Показник капіляра Ca — це співвідношення між силою внутрішнього тертя і силою поверхневого натягу

$$Ca = \frac{\mu G}{\rho \sigma}, \quad (9)$$

де: μ [кг/м·с] — в'язкість рідини; ρ [кг/м³] — густина рідини; σ [Н/м] — поверхневий натяг рідини.

Числом Вебера є співвідношення сил інерції до сил поверхневого натягу:

$$We = \frac{D_h G^2}{\sigma \gamma}. \quad (10)$$

Оцінка критичного теплового потоку (КТП) для кипіння насиченого потоку досліджувалася для крупніших каналів, в порівнянні з мікроканалами. Одна з кореляцій узята в [4]

$$\begin{aligned} q''_{co1} &= c_k G h_{fg} We_k^{-0,043} \left(\frac{L}{D_h} \right)^{-1}, \\ q''_{co2} &= 0,1 G h_{fg} r^{0,133} We_k^{-1/3} \left[\frac{1}{1 + 0,0031(L/D_h)} \right], \\ q''_{co3} &= 0,098 G h_{fg} r^{0,133} We_k^{-0,433} \left[\frac{(L/D_h)^{0,27}}{1 + 0,0031(L/D_h)} \right], \\ r &= \frac{c_v}{c_1}, \quad We_k = \frac{L G^2}{c_1 \gamma}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} c_k &= 0,34 \text{ для } L/D_h > 150; \quad c_k = 0,25 + 0,009 \left[\frac{L}{D_h} - 50 \right] \text{ для } 50 \leq \frac{L}{D_h} \leq 150; \\ c_k &= 0,25 \text{ для } L/D_h < 150; \end{aligned} \quad (12)$$

We_k — ґрунтується на значеннях числа Вебера, з використанням масштабу значень для довжини каналу.

$$K_{k1} = \frac{1,043}{4 c_k We_k^{-0,043}}, \quad K_{k2} = \frac{5,0124 + D_h/L}{6 r^{0,133} We_k^{-1/3}}. \quad (13)$$

Для $q''_{co1} < q''_{co2}$ тоді $q''_{co} = q''_{co1}$. Для $q''_{co1} > q''_{co2}$ и $q''_{co} = q''_{co2}$, коли $q''_{co2} < q''_{co3}$; $q''_{co} = q''_{co3}$, коли $q''_{co2} > q''_{co3}$. Для $K_{k1} > K_{k2}$: $K_k = K_{k1}$. Для $K_{k1} \leq K_{k2}$ і $K_k = K_{k2}$.

$$q''_{crit} = q''_{co} \frac{1 + K_k (h_{l,s} - h_{l,in})}{h_{fg}}. \quad (14)$$

Для кипіння насиченого потоку величина q''_{crit} дорівнює q''_{co} .

$$SR = \frac{Bo(T_{wall,max} - T_{sat}) D_h}{T_{sat} L}, \quad (15)$$

де Bo — показник кипіння, безрозмірна величина; $T_{wall,max}$ — максимальна температура стінки, що оточує ділянку кипіння, К; T_{sat} — температура насичення рідини за заданого тиску, К; D_h — гідравлічний діаметр каналу, в якому відбувається кипіння, мм; L — довжина каналу, впродовж якої відбувається кипіння, мм.

Показник SR визначається наступним чином:

Різниця між температурою стінки і температурою насичення визначається як надлишкова температура.

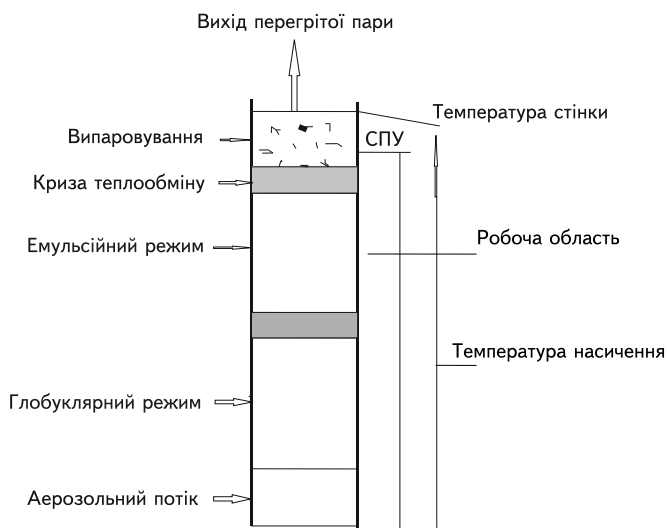


Рис. 2. Схема прикладів киплячого потоку в мікроканалі

Висновок. Визначений КТП для кипіння насиченого потоку для крупніших каналів, в порівнянні з мікроканалами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kandlikar S.G. Heat Transfer Mechanisms During Flow Boiling in Microchannels / S.G Kandlikar // Transactions of the ASME. — 2004. — Vol 126. — P.340—347.
2. Lee M., Y.Y. Size and shape effects on two-phase flow patterns in microchannel forced convection boiling / Lee M., Y.Y., M. Wong, Y. Zohar // Journal of Micromechanics and Microengineering. — 2003. — 13. — P. 155—164.
3. Lee P.C. Bubble dynamics in microchannels. Part 1: single microchannel / Lee P.C., F.G. Tseng, Chin Pan // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 2004. — 47. — P. 5575—5589.
4. Katto Y. An improved version of the generalized correlation of critical heat flux for the forced convective boiling in uniformly heated vertical tube / Katto Y., H. Ohno // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 1984. — v.27, No. 9. — P. 1641—1648.

КИПЕНИЕ В МИКРО- И МАКРОКАНАЛАХ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

В.Р. Кулинченко

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрен экзотермический процесс передачи тепла в микро или макроканал, который содержит кипящую жидкость и может учитывать любой из следующих случаев или любую комбинацию этих случаев: процесс частичного кипения в микроканале с химической реакцией в смежной реакционной камере; процесс частичного кипения в микроканале с химической реакцией в смежном реакционном микроканале; процесс частичного кипения в микроканале с химической реакцией в смежной реакционной камере, с помощью чего температура катализатора повышается менее чем на 10 °C, 5 °C, 3 °C на длине реакционной камеры, а время реакционного контакта составляет менее 300 мс.

Ключевые слова: микроканал, макроканал, кипение, теплоотдача, пузырьки, режимы кипения, тепловой поток

TRANSFORMATION OF THE HYDROXYL PROTONS IN THE PROCESS OF CREATING AQUEOUS ALCOHOLIC MIXTURES

O. Kuzmin, V. Mironchuk

National University of Food Technologies

V. Topol'nik

Donetsk National University of Economics and

Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky

Key words:

vodka,
ethanol,
water,
aqueous alcoholic mixtures,
¹H NMR spectroscopy,
hydroxyl protons

Article history:

Received 8.11.2014

Received in revised
form 9.11.2014

Accepted 17.11.2014

Corresponding author:

kuzmin_ovl@ukr.net

ABSTRACT

The aim of this work is the investigation of transformation mechanisms of hydrogen bonds nets of ethanol and water in the process of making aqueous alcoholic mixtures. Methods: ¹H NMR spectroscopy of aqueous alcoholic mixtures, evaluation methods of physicochemical and organoleptic characteristics of water, ethanol, aqueous alcoholic mixtures. Results: experimental evidence depending speed and nature of thermodynamic equilibrium, and optimum organoleptic characteristics aqueous alcoholic mixtures according to the method of water treatment and contact time components. Scientific novelty: based on this study identified fundamental difference in the behavior of the aqueous alcoholic mixtures received alcohol and water, held various treatments. Practical value: we obtained the system steady and unsteady balance hydroxyl protons in aqueous alcoholic mixtures, which are different in the organoleptic properties.

ТРАНСФОРМАЦІЯ ГІДРОКСИЛЬНИХ ПРОТОНІВ В ПРОЦЕСІ СТВОРЕННЯ ВОДНО-СПИРТОВИХ СУМІШЕЙ

О.В. Кузьмін, В.Г. Мирончук

Національний університет харчових технологій

В.Г. Топольник

Донецький національний університет економіки

і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Експериментально доведена залежність швидкості і характеру встановлення термодинамічної рівноваги, а також отримання оптимальних органолептичних характеристик водно-спиртових сумішей залежно від способу водопідготовки і часу контакту компонентів. Методи: ¹H ЯМР спектроскопія водно-спиртових сумішей, методи оцінки фізико-хімічних та органолептичних показників води, етанолу, водно-спиртових сумішей.

Ключові слова: горілка, етанол, вода, водно-спиртові суміші, ¹H ЯМР спектроскопія, гідроксильні протони.

Вступ. На сьогодні ¹H ЯМР спектроскопія по праву завоювала популярність серед спектроскопічних методів дослідження за рахунок своєї простоти та повноти інформації. При цьому практичне використання ¹H ЯМР спектроскопії має ряд аспектів, пов'язаних із необхідністю врахування взаємного розташування ядер у просторі, хімічним обміном,

анізотропією хімічного зрушення, спин-спіновою взаємодією та ін. Проте ці ж ефекти несуть унікальну інформацію про внутрішню структуру досліджуваних систем. Тому використання ^1H ЯМР спектроскопії є актуальним при вивченні водневих зв'язків між молекулами води і спирту у водно-спиртових сумішах (ВСС).

Наявність протонного обміну в системі вода-етанол досить відомий факт [1—3]. У ВСС гідроксильний протон етанолу EtOH може обмінюватися з вільними іонами водню H^+ , які генеруються привнесеною водою H_2O , або слідовими кількостями доданих кислот або лугів. Швидкість протонного обміну пропорційна концентрації вільних іонів.

Мета досліджень. Метою роботи є дослідження механізму трансформації гідроксильних протонів етанолу EtOH і води H_2O в процесі створення ВСС.

Матеріали та методи. Для виконання досліджень використовували сертифіковане обладнання на підприємствах: ТОВ «ДЛГЗ «Лік»; ІнФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАН України; Донецький регіональний випробувальний центр води, комунального підприємства «Компанія «Вода Донбасу».

Використані прилади, матеріали та сировина:

- Фур'є ЯМР спектрометр Bruker Avance II — 400 МГц; капіляр з дейтероацетоном; ампули №507 — НР; мірна піпетка; дозатор;

- спирт етиловий ректифікований (СЕР) класу «Люкс»: масова концентрація (МК) альдегідів у безводному спирті (б.с.) — 1,3 мг/дм³; МК сивушних масел у б.с. — 1,5 мг/дм³; МК естерів у б.с. — 1,3 мг/дм³; об'ємна частка метанолу у б.с. — 0,0022 об. %;

- вода питна: сухий залишок — 867 мг/дм³; питома електрична провідність — 1150 мкСм/см; рН — 7,01; ОВП — «+» 271 мВ; твердість загальна — 7,93 ммоль/дм³; окислюваність перманганатна — 4,27 мг O_2 /дм³; МК натрію — 90,75 мг/дм³; МК калію — 4,87 мг/дм³; МК амонію — <2,0 мг/дм³; МК кальцію — 106,03 мг/дм³; МК магнію — 23,91 мг/дм³; загальна лужність — 5,38 ммоль/дм³;

- вода зм'якшена за рахунок Na-катіонування: сухий залишок — 695 мг/дм³; питома електрична провідність — 1070 мкСм/см; рН — 6,71; ОВП — «+» 288 мВ; твердість загальна — <0,05 ммоль/дм³; окислюваність перманганатна — 2,36 мг O_2 /дм³; МК натрію — 266,1 мг/дм³; МК калію — <2,0 мг/дм³; МК амонію — <2,0 мг/дм³; МК кальцію — <2,0 мг/дм³; МК магнію — <2,0 мг/дм³; загальна лужність — 4,12 ммоль/дм³;

- вода демінералізована зворотним осмосом: сухий залишок — 15 мг/дм³; питома електрична провідність — 20,7 мкСм/см; рН — 5,05; ОВП — «+» 393 мВ; твердість загальна — <0,05 ммоль/дм³; окислюваність перманганатна — 0,46 мг O_2 /дм³; МК натрію — 11,60 мг/дм³; МК калію — <2,0 мг/дм³; МК амонію — <2,0 мг/дм³; МК кальцію — <2,0 мг/дм³; МК магнію — <2,0 мг/дм³; загальна лужність — 0,15 ммоль/дм³;

- ВСС із СЕР класу «Люкс» і питної води: міцність — 39,94 % об.; питома електрична провідність — 183 мкСм/см; ОВП — «+» 37 мВ; рівень рН — 8,32; МК альдегідів у б.с. — 1,5 мг/дм³; МК сивушних масел у б.с. — 1,1 мг/дм³; МК естерів у б.с. — 1,2 мг/дм³; об'ємна частка метанолу у б.с. — 0,0022 об. %; лужність — 2,5 см³ 0,1 М соляної кислоти на титрування 100 см³ сортивки; проба на окислюваність — 13,5 хв.; дегустаційна оцінка — 9,43 бал.;

- ВСС із СЕР класу «Люкс» і зм'якшеної води за рахунок Na-катіонування: міцність — 39,85 % об.; питома електрична провідність — 255 мкСм/см; ОВП — «-» 35 мВ; рівень рН — 7,84; МК альдегідів у б.с. — 1,3 мг/дм³; МК сивушних масел у б.с. — 1,4 мг/дм³; МК естерів у б.с. — 1,4 мг/дм³; об'ємна частка метанолу у б.с. — 0,0020 об. %; лужність — 2,4 см³ 0,1 М соляної кислоти на титрування 100 см³ сортивки; проба на окислюваність — 9 хв.; дегустаційна оцінка — 9,49 бал.;

- ВСС із СЕР класу «Люкс» і води демінералізованої зворотним осмосом: міцність — 39,92 % об.; питома електрична провідність — 3,5 мкСм/см; ОВП — «-» 98 мВ; рівень рН — 7,60; МК альдегідів у б.с. — 1,8 мг/дм³; МК сивушних масел у б.с. — 1,4 мг/дм³; МК складних ефірів у б.с. — 1,4 мг/дм³; об'ємна частка метанолу у б.с. — 0,0021 об. %; лужність — 0,4 см³ 0,1 М соляної кислоти на титрування 100 см³ сортивки; проба на окислюваність — 9 хв.; дегустаційна оцінка — 9,30 бал.

Методика виконання роботи: за допомогою дозатора готується ВСС із заданою міцністю ($40,0 \pm 0,2$) % об. (0,3 мл). Необхідний для роботи системи LOCK'а — дейтерієвий стабілізатор ЯМР спектрометра дейтероацетон — зовнішній стандарт, який відокремлений від досліджуваної речовини, вноситься до ампули в капілярі спеціальної форми; відповідно до методики запису ^1H ЯМР спектрів записується спектр зразка ВСС в дейтероацетоне та обробляється за допомогою програмного комплексу MestRe-C 2.3a або TopSpin Bruker™.

Результати досліджень. На рис. 1 приведені одномірні протонні спектри ВСС, приготованої на питній воді і СЕР класу «Люкс», залежно від часу функціонування системи (год.) і хімічного зрушення групи протонів (ppm).

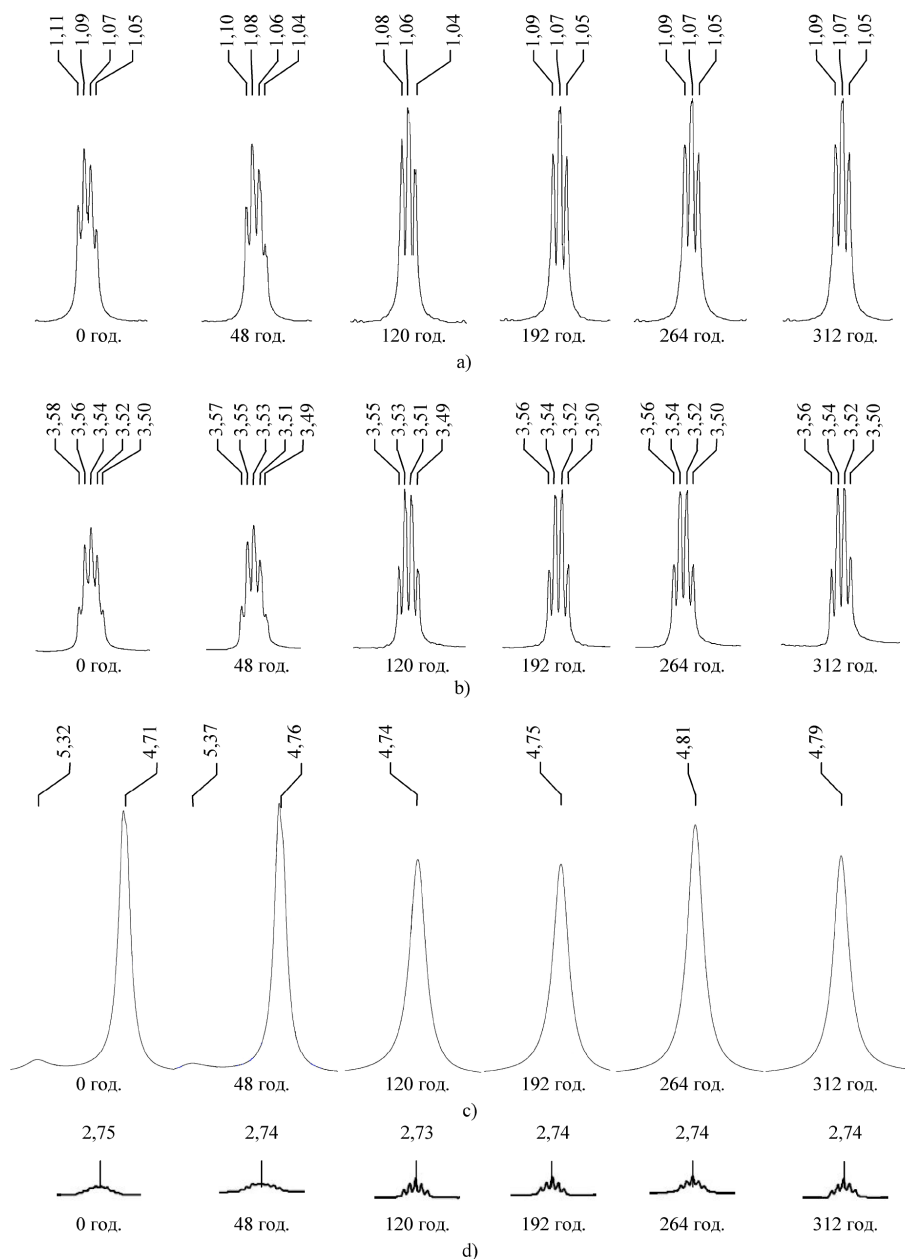


Рис. 1. Видозміни ^1H ЯМР спектрів протонних груп ВСС, приготованої на питній воді і СЕР класу «Люкс»:
 а — CH_3 ; б — CH_2 ; в — $\text{EtOH} + \text{H}_2\text{O}$; г — дейтероацетон

Перші два спектри ($\tau = 0$ год. та $\tau = 48$ год.) представлені двома розділними сигналами гідроксильних протонів етанолу EtOH і води H₂O. Компонента EtOH представлена у вигляді синглету (s) округлої форми з хімічним зрушенням $\delta_{\text{EtOH}} = 5,32$ ppm ($\tau = 0$ год.) та $\delta_{\text{EtOH}} = 5,37$ ppm ($\tau = 48$ год.). Форма сигналу H₂O — викривлена гаусова, з розширеною основою і певною асиметрією з $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,71$ ppm ($\tau = 0$ год.) та $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,76$ ppm ($\tau = 48$ год.). Різниця в хімічних зрушеннях між EtOH і H₂O в обох випадках складає $\Delta\delta = 0,61$ ppm.

Сpektри з третього ($\tau = 120$ год.) по шостий ($\tau = 312$ год.) характеризується одним сумарним піком EtOH + H₂O з хімічним зрушенням від $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}} = 4,74$ ppm до $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}} = 4,79$ ppm. Форма сумарного протона EtOH+H₂O — симетрична з розширеною основою і вершиною правильної форми.

Можна зробити перший висновок, що в процесі створення ВСС на питній воді з рівнем pH = 7,01 і СЕР класу «Люкс» отримана ВСС має рівень pH = 8,32, що характеризує понижений вміст вільних іонів H⁺ відносно OH⁻. У перші 48 год. при постійній концентрації спирту (міцність ВСС — 39,94 % об.) і термостатуванні системи ($t = +23,5$ °C), швидкість обміну EtOH знаходиться в проміжній області, з можливістю роздільного спостереження сигналів. У інтервалі від $\tau = 48$ год. до 120 год. за рахунок перебудови структури системи протонний обмін прискорюється і починаючи з 120 год. спостерігається тільки один загальний сигнал рухливих протонів несиметричної форми. Величина хімічного зрушення сумарного сигналу $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}} = 4,74$ ppm ($\tau = 120$ год.) починає поступово переходити в «слабкіші поля» до величини $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}} = 4,79$ ppm ($\tau = 312$ год.).

Сигнал метильної групи CH₃ зазнає істотні зміни від аномального квартету (q) з відносною інтенсивністю (1:3:3:1) і середньою величиною $\delta_{\text{CH}_3} = 1,08$ ppm ($\tau = 0$ год.) — до триплету (t), з положенням — $\delta_{\text{CH}_3} = 1,07$ ppm ($\tau = 312$ год.).

Сигнал метиленової групи CH₂ також зазнає зміни — від аномального квінтету (qi) з інтенсивністю (1:4:6:4:1) і середньою $\delta_{\text{CH}_2} = 3,54$ ppm ($\tau = 0$ год.) — до квартету (q) з середнім значенням $\delta_{\text{CH}_2} = 3,53$ ppm ($\tau = 312$ год.).

На рис. 2 приведені одинірні протонні спектри ВСС, приготованої на демінералізованій зворотним осмосом воді і СЕР класу «Люкс».

Перший спектр ($\tau = 0$ год.) характеризується сумарним сигналом EtOH+H₂O, який представлено у вигляді синглету (s) з $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}} = 4,73$ ppm.

З другого ($\tau = 48$ год.) по п'ятий спектр ($\tau = 264$ год.) гідроксильні протони характеризуються двома розділними сигналами EtOH та H₂O. Компонента EtOH представлена у вигляді опуклості, яка знаходиться в слабкішому полі з $\delta_{\text{EtOH}} = 5,35$ ppm ($\tau = 48$ год.) та $\delta_{\text{EtOH}} = 5,38$ ppm ($\tau = 264$ год.). Компонента H₂O представлена у вигляді симетричного синглету (s) з $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,78$ ppm ($\tau = 48$ год.) та $\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 4,80$ ppm ($\tau = 264$ год.). Різниця в хімічних зрушеннях між EtOH і H₂O складає $\Delta\delta = 0,57$ ppm ($\tau = 48$ год.) та $\Delta\delta = 0,58$ ppm ($\tau = 264$ год.).

Шостий спектр ($\tau = 312$ год.) характеризується одним сумарним піком, який представлений у вигляді розширеного синглету (s) з $\delta_{\text{H}_2\text{O}+(\text{EtOH})} = 4,82$ ppm.

Спостережувана картина свідчить про складну динаміку процесів досягнення рівноваги у розчині для ВСС, отриманої при змішуванні води демінералізованої зворотним осмосом з рівнем pH = 5,05 і СЕР класу «Люкс». При цьому отримана сортівка має слаболужне середовище (pH = 7,60).

В інтервалі часу від 48 до 264 год. після змішування, при постійній концентрації спирту (міцність ВСС — 39,92 % об.) і термостатуванні системи ($t = +23,5$ °C), спостерігається «відновлення» положення сигналу EtOH. Можна припустити, що первинний розподіл сигналів пов'язаний з процесом відновлення структури води, порушеної при демінералізації зворотним осмосом. Далі, йде вже звичайний процес утворення стійкої системи спирт/вода з високою мірою усуспільнення протонів і характерними для неї швидкостями обміну.

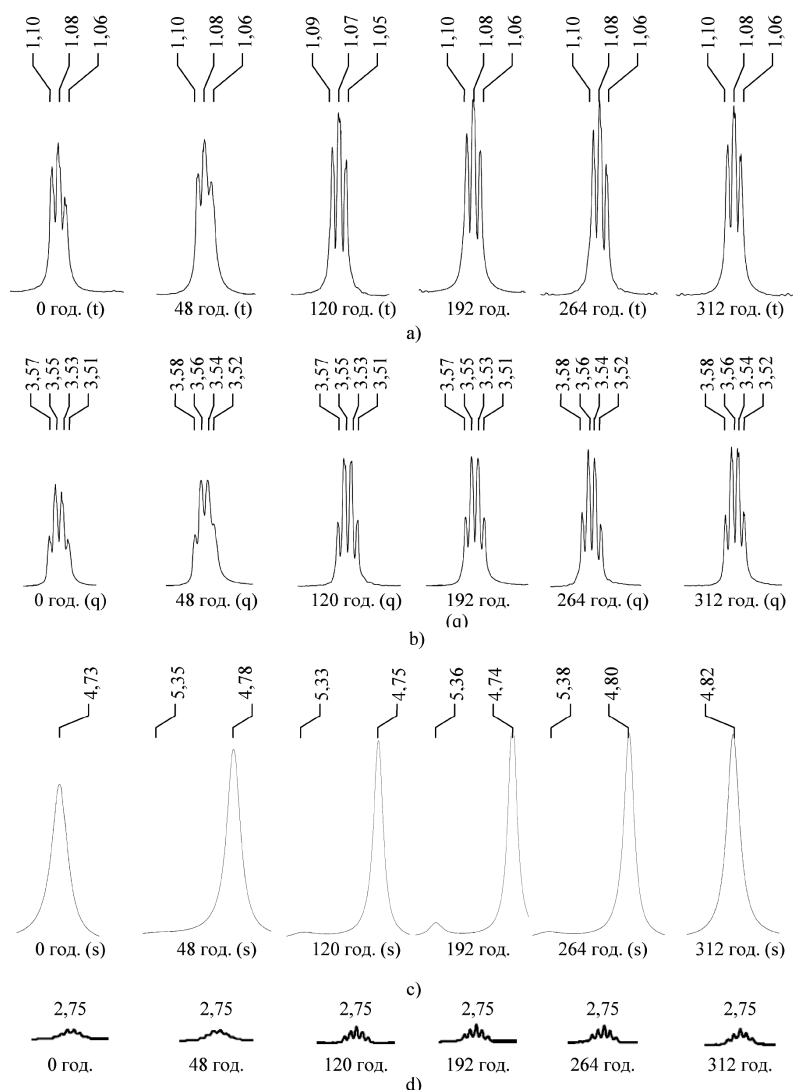


Рис. 2. Видозміни ^1H ЯМР спектрів протонних груп ВСС, приготованої на демінералізованій зворотним осмосом воді і СЕР класу «Люкс»:
 а — CH_3 ; б — CH_2 ; с — $\text{EtOH} + \text{H}_2\text{O}$; д — дейтероацетон

CH_3 сигнал представлений у вигляді триплета (t) з середньою $\delta_{\text{CH}_3} = 1,08$ ppm ($\tau = 312$ год.). Власні характеристики хімічного зрушення $\delta_{\text{CH}_3} = (1,10; 1,08; 1,06)$ ppm. Кожен пік триплета знаходиться на відстані один відносно одного на 0,02 ppm.

CH_2 сигнал представлений у вигляді квартету (q) з величиною $\delta_{\text{CH}_2} = 3,55$ ppm ($\tau = 312$ год.) та власними зрушеннями $\delta_{\text{CH}_2} = (3,58; 3,56; 3,54; 3,52)$ ppm.

На рис. 3 приведені одновимірні протонні спектри ВСС, приготованої на зм'якшеній воді за рахунок Na-катіонування та СЕР класу «Люкс».

Усі шість спектрів характеризуються одним сумарним піком — $\text{EtOH} + \text{H}_2\text{O}$, який представлено у вигляді симетричного синглету (s) з хімічним зрушенням від $\delta_{\text{EtOH} + \text{H}_2\text{O}} = 4,76$ ppm

($\tau = 0$ год.) до $\delta_{\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}} = 4,80$ ppm ($\tau = 312$ год.). Форма сумарного сигналу — симетрична з розширеною основою і вершиною неправильної форми. Вершина має основний пік і додатковий високопольний пік. Із збільшенням часу «життя» системи сигнал згладжується.

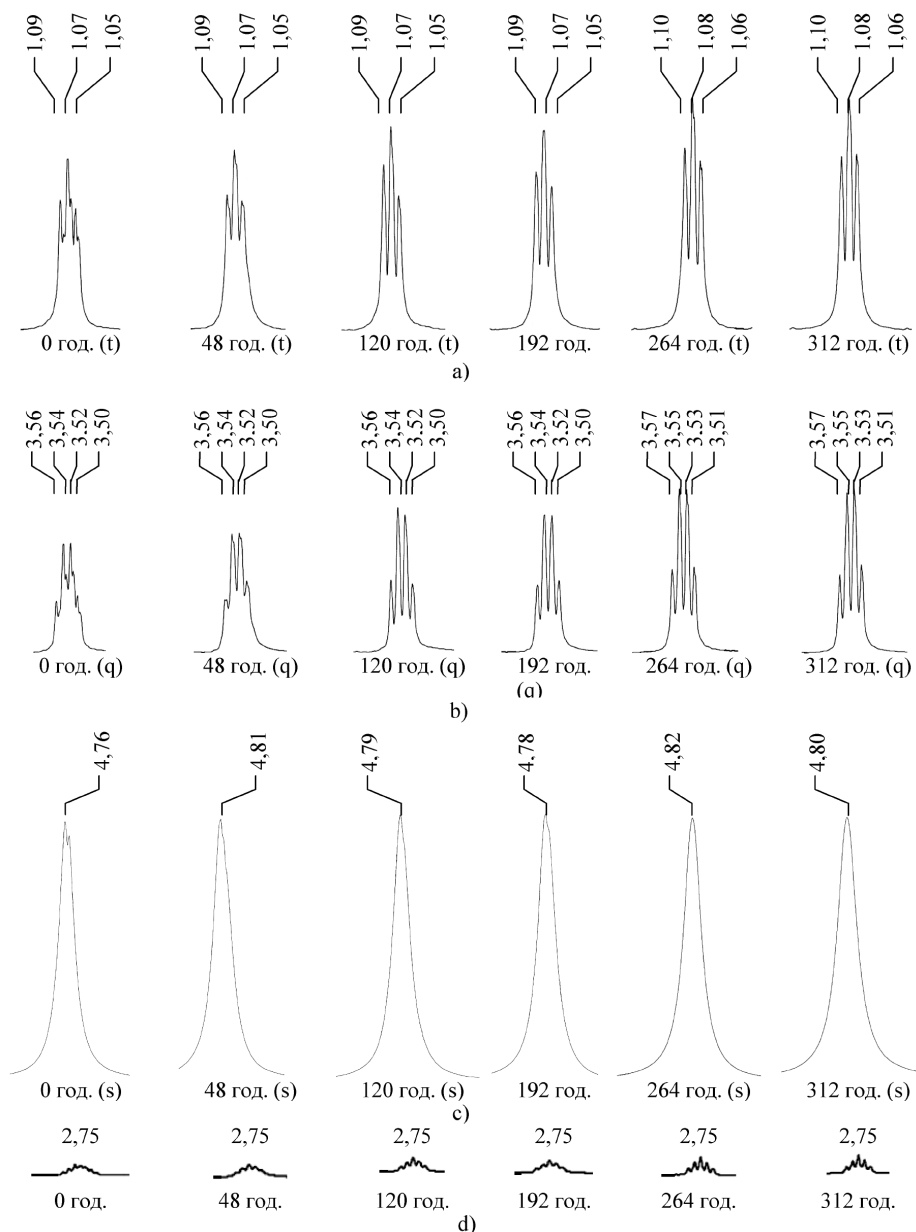


Рис. 3. Видозміни ^1H ЯМР спектрів протонних груп ВСС, приготованої на зм'якшеній воді за допомогою Na-катионування і СЕР класу «Люкс»:
 а — CH_3 ; б — CH_2 ; в — $\text{EtOH}+\text{H}_2\text{O}$; д — дейтероацетон

Таким чином, в процесі створення ВСС на зм'якшеній за рахунок Na-катіонування воді з рівнем pH = 6,71 та СЕР отримано сортівку з рівнем pH = 7,84. Швидкість протонного обміну в систем спочатку висока і роздільні сигнали гідроксилу і води не спостерігаються навіть відразу після змішування.

Метильна група протонів (CH_3) представлена у вигляді триплету (t) з середньою величиною $\delta_{\text{CH}_3} = 1,08$ ppm, який має власні характеристики $\delta_{\text{CH}_3} = (1,10; 1,08; 1,06)$ ppm — для 312 год.

Метиленова група протонів (CH_2) представлена у вигляді квартету (q) з середньою величиною $\delta_{\text{CH}_2} = 3,54$ ppm та власними характеристиками $\delta_{\text{CH}_2} = (3,57; 3,55; 3,53; 3,51)$ ppm — для 312 год.

Висновки. На підставі проведеного дослідження встановлена принципова відмінність поведінки ВСС, отриманих із СЕР і води, що пройшла різну обробку. Система з несталою рівновагою характерна для ВСС із СЕР класу «Люкс» і питної води, що має відмітні органолептичні властивості — дегустаційну оцінку — 9,43 бали; для ВСС із СЕР класу «Люкс» і демінералізованої води за допомогою зворотного осмосу та дегустаційною оцінкою — 9,30 бали.

Система із сталою рівновагою характерна для ВСС із СЕР класу «Люкс» і води технологічної — зм'якшеною за рахунок Na-катіонування, яка відрізняється найкращими органолептичними властивостями та найбільшою дегустаційною оцінкою — 9,49 бали.

Таким чином, в роботі отримані експериментальні докази залежності як швидкості і характеру встановлення термодинамічної рівноваги так і отримання оптимальних органолептичних характеристик ВСС від способу водопідготовки і часу контакту компонентів ВСС в процесі виробництва горілки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Richards S.A. Essential practical NMR for organic chemistry / S.A. Richards, J.C. Hollerton. — Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. — 216 p.
2. *Structurability: A collective measure of the structural differences in vodkas* / N. Hu, D. Wu, K. Cross [and other] // Journal of agricultural and food chemistry. — 2010. — № 58 — P. 7394—7401.
3. *Hydrogen bonding in alcoholic beverages (distilled spirits) and water-ethanol mixture* / A. Nose, T. Hamasaki, M. Hojo [and other] // Journal of agricultural and food chemistry. — 2005. — № 53 — P. 7074—7081.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГИДРОКСИЛЬНЫХ ПРОТОНОВ В ПРОЦЕССЕ СОЗДАНИЯ ВОДНО-СПИРТОВЫХ СМЕСЕЙ

О.В. Кузьмин, В.Г. Мирончук

Национальный университет пищевых технологий

В.Г. Топольник

Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского

Експериментально доказана залежність швидкості і характеру встановлення термодинамічного рівноваги, а також отримання оптимальних органолептичних характеристик водно-спиртових смесей в залежності від способу водопідготовки і времени контакту компонентів. Методи: ^1H ЯМР спектроскопія водно-спиртових смесей, методи оцінки фізико-хімічних і органолептичних показателів води, етанолу, водно-спиртових смесей.

Ключевые слова: водка, етанол, вода, водно-спиртовые смеси, ^1H ЯМР спектроскопия, гидроксильные протоны.

CAVITATION REGIMES IN THE HEAT PUMP SYSTEM

A.O. Chahayda*National University of Food Technologies***Key words:**

gas-liquid environment,
energy,
environment,
vapor phase,
the machine-cavitator,
power potential,
the activation medium.

Article history:

Received 12.03.2014

Received in revised

form 21.06.2014

Accepted 28.09.2014

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ABSTRACT

The article deals with cases of cavitation regimes processing environments in heat pump system. The example of the technological apparatus with liquid phase in which the dispersed gas phase generated by the proposed scheme, the device cavitator that is able to change the pressure in the serial reduction and its future growth. These incremental physical phenomenon of cavitation, accompanied and thermodynamic processes in a closed circulation circuit protection device for heat treatment without primary pair, and the possibility of using devices, cavitator.

Implementation of the proposed system processing environments possible at different absolute pressures in the system. This means that they may be lower than atmospheric and much more. What matters is the depth of occurrence of unbalanced thermodynamic state and the ability to handle both thermally labile environments and those undergoing transformation at elevated temperatures.

КАВІТАЦІЙНІ РЕЖИМИ В СИСТЕМАХ З ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ

A.O. Чагайда, канд. техн. наук, доцент*Національний університет харчових технологій*

В статті розглянуто випадки організації кавітаційних режимів обробки середовищ в системах з тепловим насосом. На прикладі технологічного апарата з рідинною фазою, в якій генерується диспергована газова фаза запропонована схема апарата-кавітатора, що має можливість здійснювати зміну тиску в режимах послідовного його зменшення та подальшого зростання. Наведені поетапні фізичні явища кавітації, що супроводжуються і термодинамічними процесами у замкнутому циркуляційному контурі середовища апарата за теп-лової обробки без участі первинної пари, та можливості застосування апаратів-кавітаторів.

Ключові слова: газорідинне середовище, енергія середовища, парова фаза, апарат-кавітатор, енергетичний потенціал, активація середовища.

Вступ. Кавітаційні явища стосуються парорідинних або газорідинних систем і є наслідком змінних тисків в них. Їх виникнення і перебіг пов'язуються з енергетичними трансформаціями.

Мета та методика досліджень. Газорідинне середовище (з твердою фазою в тому числі) за рахунок накопиченого теплового потенціалу вводиться в режим адіабатного кипіння. починається перехідний процес утворення диспергової парової фази, об'єм середовища збільшується, зростає його потенціальна енергія. За деякий час $\tau_{(к)}$ утворюється маса пари m_n , одна частина якої виходить за межі середовища, а друга — в режимі динаміки знаходиться в ньому. Тоді кількість енергії середовища, витраченої на генерування парової фази буде дорівнювати:

$$E_{r.n.} = m_n r, \quad (1)$$

а температура його знизиться на величину Δt за умови припинення подавання первинної пари:

$$\Delta t = \frac{E_{r.n.}}{m_{сеп.} c}, \quad (2)$$

де c — теплоємність середовища.

Остання залежність записана без врахування зміни маси середовища $m_{сеп.}$, а уточнена залежність прийме форму:

$$\Delta t = \frac{E_{r.n.}}{(m_{сеп.} - m_n) c}. \quad (3)$$

Таким чином, на деякий момент часу $\tau_{(к)}$ маємо дві складові парової фази. Розглянемо два випадки в організації кавітаційних режимів обробки середовищ. Нехай у першому до числа завдань технологічного процесу обробки середовищ не входить випарювання рідинної фази. Це означає можливість повернення матеріального потоку і енергетичного потенціалу тієї частини вторинної пари, яка вийшла за межі середовища.

Однак таке повернення потребує її термодинамічної трансформації для створення рушійних параметрів у взаємодії з середовищем. На рис. 1 наведено схему, що відповідає цьому випадку.

На ній зображено технологічний апарат з рідинною фазою, в якій генерується диспергована газова фаза. Принцип роботи апарата-кавітатора ґрунтується на відомому фізичному явищі колапсу диспергованої в рідинній фазі парової фази. Виникнення останньої є наслідком змін тиску в локальних зонах рідинних середовищ або в таких же локальних потоках. Частіше явище кавітації і колапсу супроводжує обтікання потоками рідинної фази твердих тіл з наслідками мікроруйнувань останніх.

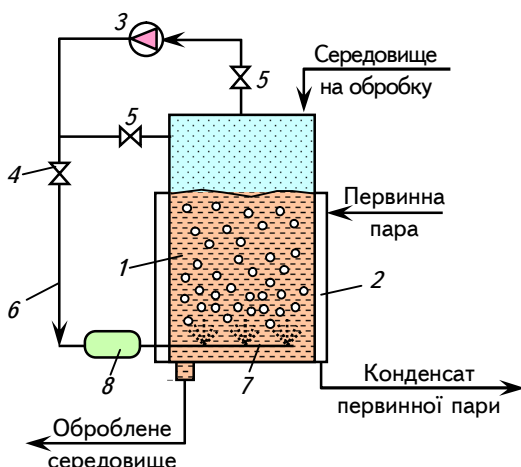


Рис. 1. Схема апарата-кавітатора:

- 1 — технологічний апарат; 2 — парова сорочка; 3 — компресор вторинної пари;
4, 5 — запірно-регулювальна арматура; 6 — трубопроводи вторинної пари;
7 — барботажний розподільник вторинної пари; 8 — ресивер

Таким чином, першопричиною названих явищ є змінні тиски. В локальних зонах зі знизеними тисками утворюються бульбашки диспергованої газопарової фази, а потрапляння останньої в зони підвищених тисків означає порушення умов термодинамічної рівноваги

парової і рідинної фаз. Перехід до нового стану рівноваги в системі «парова і рідинна фази» відбувається в режимі колапсу парової фази з усіма відомими наслідками.

До числа останніх відносяться локальні кумулятивні потоки і ударні хвилі трансформації теплової енергії у суто механічні і гідродинамічні впливи з турбулентними режимами приблизно 140000—280000 Re. Наслідком останніх є поглиблене руйнування структури рослинного походження для активації технологічних процесів.

В запропонованій схемі апарата-кавітатора заплановано здійснення змін тиску в режимах їх послідовного зменшення з наступним зростанням.

Якщо за номінальних значень термодинамічних параметрів обробки середовищ має місце термодинамічна рівновага, то різке зниження тиску в паровій фазі приводить до початку адіабатного утворення диспергованої парової фази. При цьому важливо, що це стосується всього об'єму середовища. таким чином виконується перша складова явища кавітації — утворення парової диспергованої фази в рідинному середовищі. Ефективність і швидкоплинність перехідного процесу утворення парової фази залежать від швидкості падіння тиску в паровій фазі і, очевидно, від фізико-хімічних властивостей середовища. Динаміка зниження тиску визначається компресором 3 вторинної пари, який відсмоктує її з парового об'єму апарата і стискає до рівня, який перевищує номінальний. При цьому спрямування стиснутої пари здійснюється в двох етапах. На першому засувка 5 закрита (рис. 3.23), засувка 4 — відкрита і пара трубопроводом 6 повертається в барботажний розподільник 7 і в середовище.

На другому етапі одночасно закривається засувка 4 і відкривається засувка 5 і стиснута вторинна пара подається в паровий простір апарата. Оскільки останній має обмежений об'єм порівняно з загальним об'ємом апарата-кавітатора, то швидкість зростання тиску є високою і досягнення ним номінального значення супроводжується повним колапсом диспергованої парової фази. Окрім відомих фізичних явищ кавітація супроводжується і термодинамічними явищами, температура середовища підвищується на 5—7 °C за рахунок у тому числі і конденсації вторинної диспергованої пари.

Замкнений циркуляційний контур, в який входять середовище апарата, його паровий простір, компресор, трубопроводи, арматура і барботажний розподільник, поповнюється енергією стискання вторинної пари, хоча головна частина перетворюваного енергетичного потенціалу стосується фазових переходів пароутворення і конденсації.

Таким чином, енергетичний потенціал, який має бути задіяним для реалізації кавітаційної обробки середовищ, стосується роботи компресора. Ресивер 8 вторинної пари використовується для регулювання співвідношень часу першого і другого етапів та частоти здійснення кавітаційних імпульсів. Окрім того частота спрацювань визначається частотою пусків компресора.

Результати досліджень. За наведених умов існування замкнутого енергетичного циркуляційного контуру подальша тепла обробка здійснюється без участі первинної пари, яка лише в обмеженій кількості використовується для компенсації втрат в навколишнє середовище. Відмічені механічні трансформації середовищ, пов'язані з утворенням і колапсом парової фази не приводять до втрат теплового енергетичного потенціалу, оскільки всі механічні впливи завершуються дисипативними явищами і поповненням теплової енергії системи.

Позитивні наслідки активації середовищ і процесів в них, які є наслідком кавітаційних явищ, доповнюються пульсаціями в парорідинних системах за рахунок змінних тисків.

Загальну оцінку потужності впливу кавітаційних явищ на рідинне середовище можливо визначити через потенціал диспергованої парової фази. Якщо її масовий потік через середовище становить величину m'_n (кг/с), то потужність його з врахуванням теплоти пароутворення

$$N = m'_n r.$$

Разом з тим масовий потік диспергованої парової фази залежить від глибини введення середовища у незрівноважений стан. Останнє означає зростання масового потоку диспергованої парової фази у зв'язку зі збільшенням різниці тисків початкового і зниженого в системі завдяки роботі компресора.

Висновки. 1. Реалізація запропонованої системи обробки середовищ можлива за різних абсолютних тисків в системі. Це означає, що вони можуть бути нижчими порівняно з

атмосферним або помітно більшими. Значення має глибина входження системи в незрівноважений термодинамічний стан і можливість обробки як термолабільних середовищ, так і тих, що проходять трансформації за підвищених температур.

2. Можливим застосуванням апаратів-кавітаторів могли б бути заторні апарати пивоварної галузі, системи приготування замісів спиртової галузі, екстракційні системи різного призначення, системи для одержання розчинів і сушіння речовин тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Шиян П.Л.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.
2. *Бродянский В.* Эксергетический метод и его приложения. / В. Бродянский, В. Франтишек, К. Михалек. — М.: Энергоиздат, 1988. — 288 с.
3. *Соколенко А.І.* Інтенсифікація тепло-масообмінних процесів в харчових технологіях. / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, В.О. Сукманов. — К.: Фенікс. 2011. — 536 с.

КАВИТАЦИОННЫЕ РЕЖИМЫ В СИСТЕМАХ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ

А.О. Чагайда

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены случаи организации кавитационных режимов обработки сред в системах с тепловыми насосами. На примере технологического аппарата с жидкой фазой, в которой генерируется диспергованная газовая фаза предложена схема аппарата-кавитатора, который имеет возможность совершать изменение давления в режимах последовательного его уменьшения и дальнейшего увеличения. Приведены поэтапные физические явления кавитации, которые сопровождаются и термодинамическими процессами в замкнутом циркуляционном контуре среды аппарата во время тепловой обработки без участия первичной пары, а также возможности применения аппаратов-кавитаторов.

Ключові слова: газожидкостная среда, энергия среды, паровая фаза, аппарат-кавитатор, энергетический потенциал, активация среды.

STUDY OF TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS UNDER DIFFERENT KNIFE CRUSHER ROTOR DESIGN

M. Iakymchuk, A. Volchko, O. Zhurybeda

National University of food technologies

Key words:

knife grinder,
knife,
edge knife,
plastic waste

Article history:

Received 10.09.2014
Received in revised
form 15.09.2014
Accepted 24.10.2014

Corresponding author:

mykolaiaakymchuk@mail.ua

ABSTRACT

In the article analytically investigates the dependence of performance on the most commonly used crushers rotor designs — three, five knives and saws. Were accepted assumption that the process of shredding plastic waste crusher, rotary-knife adequate model «incompressible fluid» which describes the system for two-phase flow. Mathematical model of shredding was moved to package FlowVision and allowed to reproduce the work, rotary-blade cutters in 3-D form.

The obtained results are presented in graphs of productivity of the residence time of material in the mill and distribution efforts on cutting blades crusher. Found that the cutting load is distributed in the form of waves on a plane blade and increases from its edge to the center.

The results can be used to develop new designs knife crushers for plastic waste.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОЖОВИХ ДРОБАРОК ПРИ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЯХ РОТОРІВ

М.В. Якимчук, канд. техн. наук

А.І. Волчко, канд. техн. наук, О.М. Журибеда

Національний університет харчових технологій

У статті аналітично досліджено залежність продуктивності дробарок від найбільш вживаних конструкцій роторів — з трьома, п'ятьма ножами та пилами. Отримані результати досліджень представлені у вигляді графіків зміни продуктивності від часу перебування матеріалу в дробарці та розподілення зусилля різання на ножі дробарки. Встановлено, що під час різання навантаження розподіляється у вигляді хвилі по площині ножа і збільшується від його кромки до центру. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових конструкцій ножових дробарок для полімерних відходів.

Ключові слова: ножова дробарка, ножі, кромка ножа, полімерні відходи.

Вступ. Проблема утилізації відходів для України є актуальною, оскільки країна виступає європейським лідером за кількістю відходів, які утворюються. Серед морфологічного складу відходів переважають відходи з синтетичних полімерів, які складають до 40 % побутового сміття і становлять в перерахунку біля 50 кг на рік у розрахунку на одну людину. Так з усіх вироблених пластичних матеріалів 41 % використовується в упаковці, а з цієї кількості 47 % витрачається при пакуванні харчових продуктів. Зручність і безпека, низька ціна і приємний естетичний вигляд є визначальними умовами швидкого зростання попиту на полімерні матеріали для виготовлення упаковок.

Передбачається, що в Україні до 2015 р. відходи полімерних матеріалів досягнуть більше одного мільйона тон, при цьому відсоток їх повторного перероблення є мізерним [2] і за най оптимістичнішими підрахунками становитиме біля 5...7 % від їх маси.

Для перетворення відходів термопластів у сировину, придатну для подальшої переробки, необхідно здійснити цілий ряд технологічних операцій. Вибір способу переробки залежить від джерела утворення відходів і ступеня їх забрудненості. Так, однорідні полімерні відходи зазвичай переробляють на місці їх утворення, для чого необхідна незначна кількість технологічних операцій — подрібнення і гранулювання.

Матеріали і методи. Операції подрібнення полімерних відходів традиційно виконуються на роторно-ножових дробарках. Різноманітність конструкцій таких дробарок передбачають переробку відходів широкого спектру термопластів: ПЕВЩ, ПЕНЩ, ПВХ, ПС і сополімерів: ПП, ПЕТ, ПЕТФ, ПА тощо. Класифікація роторно-ножових дробарок наведена на рис. 1.

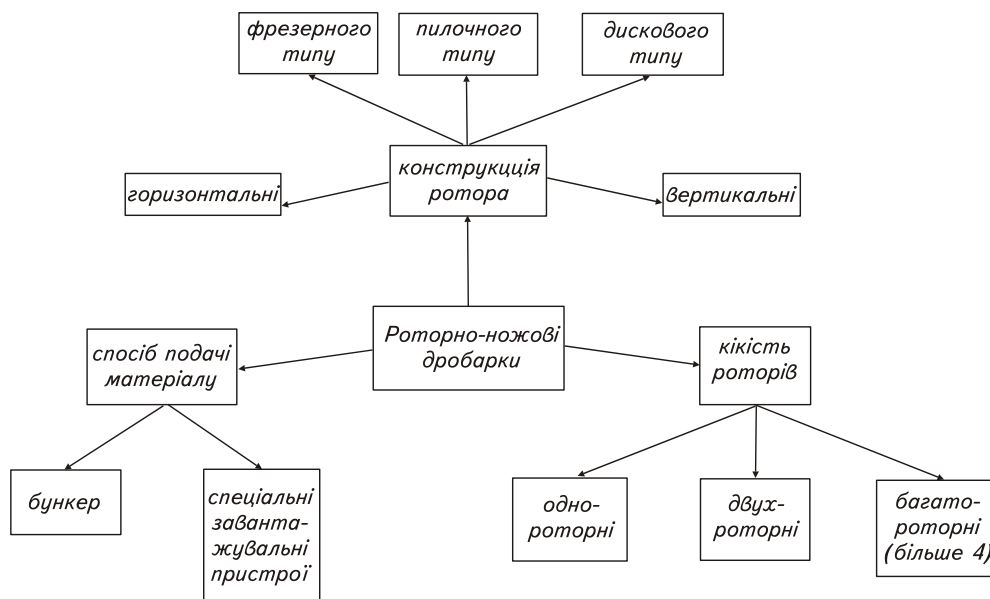


Рис. 1. Класифікація роторно-ножових дробарок для подрібнення полімерних матеріалів

Доведено [1], що процес подрібнення є дуже важливим етапом підготовки полімерних відходів до подальшої переробки. Якість подрібнення впливає на об'ємну щільність, сипучість і розміри частинок отриманого продукту. Регулювання ступеня подрібнення дозволяє суттєво скоротити тривалість інших технологічних операцій. Слід зазначити, що операції подрібнення є енергозатратними, а тому постійно потребують оптимізації кількості використаної енергії. Така оптимізація можлива за умови удосконалення існуючих конструкцій та розробки нових зразків дробарок.

Метою роботи є моделювання процесу подрібнення полімерних відходів роторною ножовою дробаркою з різними типами конструкції роторів для дослідження режимів роботи, витрати енергії, інтенсивності зношування робочих органів за допомогою комплексного програмного забезпечення Flow Vision.

Побудова моделі роторно-ножової дробарки в пакеті Flow Vision ґрунтується на кінцево-об'ємному методі розв'язку рівнянь гідродинаміки з використанням прямокутної адаптивної сітки з локальним подрібненням. Така технологія дає можливість імпортувати геометрію елементів дробарок із системи САПР в пакет Flow Vision та використанні отримані результати в інших програмних продуктах.

Для розроблення математичної моделі роботи роторної-ножової дробарки були прийняті наступні припущення: полімерний матеріал під час подрібнення розглядається як насипний матеріал, окремі частинки якого є тілами, а вся маса має властивість плинності; динаміка такого «плинного» сипучого матеріалу математично описується системою нелінійних диференціальних рівнянь стану Нав'є-Стокса для в'язкої рідини з середньою об'ємною щільністю ρ і коефіцієнтом в'язкості (внутрішнього тертя) η ; ефект зміни приєднаної маси для сил Бассета, Софмана і Магнуса не враховується; теплопередача в середині подрібненої частинки здійснюється нескінченно швидко; температура подрібненої частинки, яка утворюється під час її різання при дії сил тертя приймається однаковою в будь-якій точці частинки.

За такими припущеннями процес подрібнення полімерних відходів роторно-ножовою дробаркою можна вважати адекватним моделі «нестискаючої рідини», яка описується системою для двофазної течії. Запропонована модель описує характеристику потоків в'язких речовин при незначних змінах густини, великих значеннях критерія Рейнольдса (Re) і малих числах Маха (M), які визначаються з рівнянь:

$$Re = U \cdot L \cdot \frac{\rho}{\mu} < 10^4; \quad M = \frac{U}{a} < 0.3, \quad (1)$$

де U — швидкість частинок; L — відстань, яку проходить частинка; μ — динамічна в'язкість рідини; ρ — насипна густина; a — швидкість звуку.

Наведена величина густини дозволяє в подальшому враховувати підйомну силу для подрібненої частинки, яка описується рівняннями Нав'є-Стокса, збереження енергії та конвективно-дифузійного переносу концентрації суміші.

Процес руху подрібненої частинки в дробарці описується з урахуванням явища турбулентності. Турбулентна в'язкість рідини визначається за формулою:

$$\mu_t = C_\mu \cdot \rho \cdot \frac{k^2}{\varepsilon} \cdot f_\mu, \quad (2)$$

В процесі різання полімерних матеріалів виникають нормальні σ'_x та дотичні τ_{xy} напруження, величина яких, складається з тиску та «в'язкої» складової і визначаються за рівняннями (3) та (4):

$$\sigma'_x = \mu \cdot \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \operatorname{div} V^r \right); \quad \sigma'_y = \mu \cdot \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \operatorname{div} V^r \right); \quad \sigma'_z = \mu \cdot \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \operatorname{div} V^r \right) \quad (3)$$

$$\tau_{xy} = \mu \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right); \quad \tau_{yz} = \mu \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right); \quad \tau_{zx} = \mu \cdot \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (4)$$

Сили P_x^r, P_y^r, P_z^r дії ножів на поверхню матеріалу, які руйнують його на частинки по напрямках x, y, z визначаються з рівняння:

$$\rho \frac{Du}{Dt} = X - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \operatorname{div} V^r \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right], \quad (5)$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = Y - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \operatorname{div} V^r \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right], \quad (6)$$

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = Z - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \operatorname{div} V^r \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right]. \quad (7)$$

Математична модель процесу подрібнення враховує рух подрібненої частинки в просторі. Для опису траєкторії руху частинок введено систему координат та враховано дію відцентрових сил та сил Каріоліса у вигляді:

$$B = -2\omega \cdot V - \omega^2 \cdot r. \quad (8)$$

Моделювання руху твердих частинок в несучій фазі описується рівняннями (9):

$$\frac{dX_p}{dt} = V_p; \quad \frac{dV_p}{dt} = \frac{\pi \cdot d^2}{8 \cdot m} C_D \cdot \rho_g |V_r| V_r + g \left(1 - \frac{\rho_g}{\rho_p} \right), \quad (9)$$

де: $V_r = V_g - V_p$ швидкість частинки відносно несучої фази.

Затрати енергії на процес подрібнення визначаються з рівняння:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \Delta(Vh) = \frac{1}{\rho} \Delta \left(\left(\lambda / C_p + \mu_t / (P, t) \right) \Delta h \right) + \frac{Q}{\rho}. \quad (10)$$

Результати та обговорення. Розроблена математична модель в пакеті Flow Vision дозволила відтворити роботу роторно-ножової дробарки в 3-D вигляді. Аналітичні дослідження проводились для роторів з трьома, п'ятьма ножами та пилами (рис. 2).

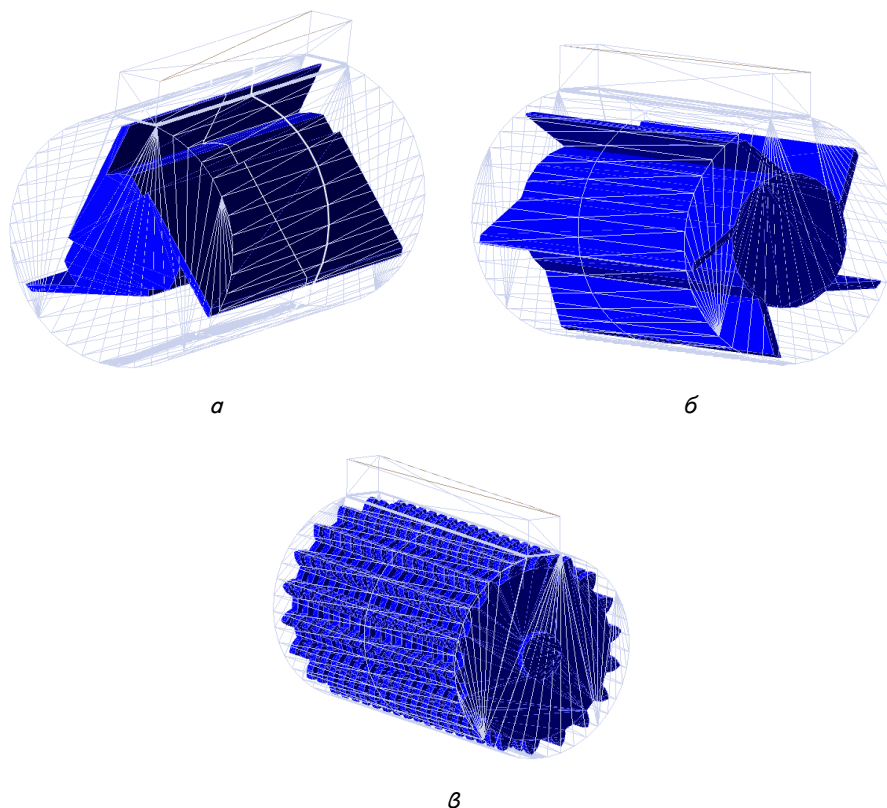


Рис. 2. Загальний вигляд роторів:

а з трьома ножами; б з п'ятьма ножами; в з пилами

Подрібнення матеріалу відбувається в зазорі, який утворюється між внутрішньою стінкою корпусу дробарки та кромкою леза ножів. Режим роботи досліджувався при обертах валу ротора в межах $n = 500 - 1500$ об/хв, що є найбільш вживаними в промислових ножових дробарках.

За результатами дослідження було визначено розподілення зусилля різання на ножі дробарки (рис. 3). З рис. 3 видно, що під час різання навантаження розподіляється у вигляді хвилі по площині ножа і збільшується від його кромки до центру. Найбільша амплітуда хвилі, а відповідно і концентрація навантаження спостерігається по центру ножа. Встановлено, що термін довговічності ножів в дробарці суттєво залежить від їх кількості, товщини та величини кутів заточення.

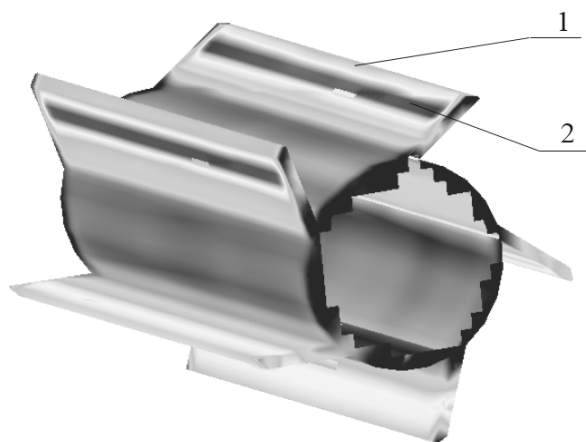


Рис. 3. Розподілення зусилля різання на поверхню ножів дробарки:

- 1 — розподілення навантаження на кромці ножа;
2 — місце найбільшої концентрації навантаження під час роботи ножа

Інтенсивність контакту ножів з подрібнювальним матеріалом призводить до його зменшення в розмірах до заданої величини і впливає на час перебування матеріалу в дробарці, а відповідно і на продуктивність дробарки.

Було аналітично досліджено залежність продуктивності дробарок від наведених конструкцій роторів. Отримані результати досліджень представлені у вигляді графіків зміни продуктивності від часу перебування матеріалу в дробарці рис. 4.

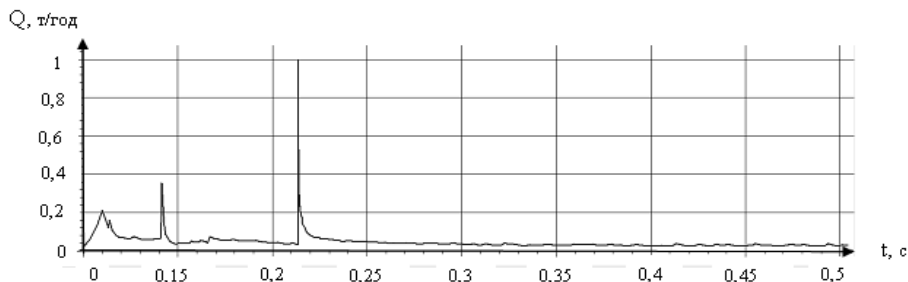


Рис. 4. Графік залежності продуктивності дробарки з п'ятьма ножами від часу перебування матеріалу в ній

Процес подрібнення потребує витрати енергії на різання матеріалу, яка визначається величиною споживання приводом дробарки. Зміна потужності приводу від часу перебування матеріалу в дробарці показано на рис. 5.

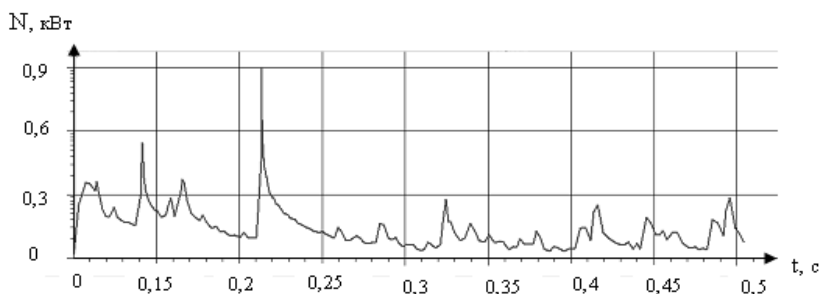


Рис. 5. Графік зміни потужності привода дробарки з п'ятьма ножами від часу перебування матеріалу в ній

З графіків рис. 4 та рис. 5 видно, що найбільш інтенсивне подрібнення та максимальне навантаження привода відбувається в перші 25 секунд часу з моменту подачі матеріалу в дробарку.

Висновки. Таким чином за результатами досліджень встановлено, що найменше навантаження на ножі та найбільша їх довговічність забезпечується в дробарках із пилами в порівнянні з іншими конструкціями роторів. Проведенні дослідження, щодо часу перебування матеріалу в дробарках до повного його подрібнення показують, що найбільший час для подрібнення потребує дробарка з пилами, а найменший — дробарка з п'ятьма ножами. Можна стверджувати, що найкращим технічним рішенням, яке забезпечує оптимальні технологічні показники подрібнення полімерних матеріалів є дробарка з п'ятьма ножами. Форма поверхні ножів повинна визначатись з умови розподілення зусилля різання та передбачати компенсацію його найбільшої концентрації по центру ножа. Кромка ножа за рахунок зменшення його товщини підлягає інтенсивному зношуванню, що в подальшому призводить до його затуплення. Одним із варіантів збільшення терміну довговічності ножів в роторній дробарці є визначення їх оптимальної кількості та величини кутів заточення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пономарева В.Т. Использование пластмассовых отходов за рубежом // В.Т. Пономарева, Н.Н. Лихачева, З.А. Ткачик. Пластические массы. — 2002 — № 5. — С. 44 — 48.
2. Бобович Б.Б. Утилизация отходов полимеров: учеб. пособие / Б.Б. Бобович. — М., 1998. — 62 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОЖЕВЫХ ДРОБИЛОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ РОТОРОВ

Н.В. Якимчук, А.И. Волчко, О.Н. Журибеда

Национальный университет пищевых технологий

В статье аналитически исследована зависимость производительности дробилок от конструкции роторов — с тремя, пятью ножами и пилами. Полученные результаты исследований представлены в виде графиков изменения производительности от времени пребывания материала в дробилке и распределение усилия резания на ножи дробилки. Установлено, что во время резки нагрузка распределяется в виде волны по плоскости ножа и увеличивается от его кромки к центру. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых конструкций ножевых дробилок для полимерных отходов.

Ключевые слова: *ножевая дробилка, ножи, кромка ножа, полимерные отходы.*

RESTORATION FUNCTION OF REVERSIBLE LOGISTIC FOR PACKING INDUSTRY

I. Krivoplyas-Volodina, V. Zaharevich

National university of food technologies, Kyiv

Key words:

reversible logistic,
wastes,
packing,
polymers,
material stream,
model

Article history:

Received 8.10.2014

Received in revised

form 13.10.2014

Accepted 5.11.2014

Corresponding author:

_lud@mail.ru

ABSTRACT

For realization of system hike in a logistic management that will stipulate minimization of charges of separate subdivisions. The basic object of management at moving of material resources between technological areas accept a through material stream.

For wastes of polyethylene wares have the most various forms and sizes — from little offcutss to the compact hunches for different configuration of channels of casting of their burrs. For determination of all factors that influence on a working process and characterized of functions, it is expedient to apply a self-reactance model. For determination of all factors that influence on a working process and functions characterize it, it is partly expedient to apply self-reactance model. By means of mathematical design on the stage of construction of the logistic system of enterprise clarification of the data got by a supervision is executed. It stipulates wastelessness, ecofriendliness, lowering of material charges on warehousing, transportations, additional processing of wastes at the production of packing.

ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ФУНКЦІЯ РЕВЕРСИВНОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ПАКУВАЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Л.О. Кривопляс-Володіна, В.Б. Захаревич, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій, Київ

Реалізація системного підходу в логістичному управлінні зумовлює мінімізацію витрат окремих підрозділів. Основним об'єктом управління при переміщенні матеріальних ресурсів у просторі між технологічними об'єктами є наскрізний матеріальний потік. Цей потік проходить по логістичному ланцюжку, починаючи від першоджерела — сировини і закінчуючи кінцевим споживачем. За допомогою математичного моделювання на етапі побудови логістичної системи підприємства виконується уточнення даних отриманих шляхом спостережень. Це обумовлює безвідходність, екологічність, зниження матеріальних витрат на складування, перевезення, додаткову переробку відходів при виробництві упаковки.

Ключові слова: реверсивна логістика, відходи, упаковка, полімери, матеріальний потік, модель.

Вступ. Прийняття оптимальних рішень в логістичному управлінні потоковими процесами ґрунтується на оцінці величини загальних логістичних витрат. Це зумовлено єдністю та взаємозалежністю матеріальних, фінансових та інформаційних потоків, що виявляється у механізмі їх взаємовідображення. Фінансовий та інформаційний потоки у логістичній системі, з одного боку, є відображенням видових форм матеріального потоку. А з іншого боку — засобом регулювання відхилень параметрів матеріального потоку від витрат [7].

Методи і методики. Логістичне управління матеріальними потоками ґрунтується на оцінці показників витрат та доходів. При цьому, реалізація системного підходу в логістичному управлінні зумовлює орієнтацію управлінських рішень не на мінімізацію витрат окремих підрозділів, а на управління сумарними витратами підприємства [6].

Основним об'єктом управління при переміщенні матеріальних ресурсів у просторі між економічними об'єктами є наскрізний матеріальний потік. Цей потік проходить по логістичному ланцюжку, починаючи від першоджерела — сировини і закінчуючи кінцевим споживачем.

Узагальнивши різні підходи вітчизняних та зарубіжних вчених до групування зворотних матеріальних потоків за причинами виникнення, можна виділити дві основні групи:

1) Зворотні матеріальні потоки, ініційовані виробником або постачальником через:

- отримання однотипних претензій споживачів в сервісні установи,
- виявлення дефектів фахівцями виробника або державною організацією,
- отримання судового рішення щодо неякісної продукції,
- збір використаної продукції для використання в якості вторинної сировини,
- збір використаної продукції для подальшої утилізації.

2) Зворотні матеріальні потоки, ініційовані споживачем через:

- виявлення браку або технічних недоліків,
- невідповідність форми, кольору, дизайну та інших параметрів очікуванням,
- потребу в задоволенні вимог сервісного обслуговування,
- відповідність умовам договору з торговельним підприємством (в якості товарного запасу) [8].

Проведений аналіз причин виникнення зворотних матеріальних потоків та їх наслідків свідчить про актуальність розвитку теорії реверсивної логістики, а також удосконалення практичних інструментів управління описаними процесами. Як уже зазначалося вище, на сьогодні існують різні терміни у контексті логістичного управління зворотними матеріальними потоками, зокрема, «логістика обернених потоків», «зворотна логістика», «логістика рециклінгу», «реверсивна логістика» тощо [8—9].

Реверсивна логістика містить розподіл відходів, створення відповідних матеріальних, фінансових і інформаційних потоків, які рухаються у зворотному напрямку у порівнянні зі звичайним; призводить до скорочення джерел відходів (зменшення обсягів відходів), переробку (повернення у виробничий ланцюг), спалювання відходів і отримання енергії, захоронення відходів. Основні операції реверсивної логістики з продукцією і упаковкою наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні операції реверсивної логістики в умовах пакувальної галузі

Об'єкт	Операції
Продукція	Повернення постачальнику продуктів, напівфабрикатів і матеріалів у зв'язку з невідповідністю їх якості або комплектації Повторне використання продукції у виробничому циклі як сировини Переробка Знищення Утилізація
Упаковка	Повторне використання Переробка Ремонт Утилізація Відновлення Знищення

Поводження з відходами — це дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, зберігання, обробку, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення рис. 1. [3].

Основними операціями, пов'язаними з управлінням відходами на пакувальних підприємствах — є збирання, переробка та зберігання або видалення відходів з подальшим контролем за місцями видалення, які утворюють цикл рециклінгу відходів у пакувальному виробництві (рис. 2) [3]:

— збирання відходів — діяльність, пов'язану з вилученням, накопиченням і розміщенням відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах, включаючи їх сортування з метою подальшої утилізації або видалення;

— переробка — здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних або біологічних властивостей відходів з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення;

— зберігання відходів — це тимчасове розміщення відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах до їх утилізації або видалення;

— утилізація являє собою процес використання відходів як вторинних матеріальних або енергетичних ресурсів, в результаті якого можливе отримання подібної (з паперу — папір, з пляшок — пляшки) або нової продукції;

— перевезення відходів — переміщення небезпечних відходів від місць їх утворення або зберігання до місць обробки, утилізації або на полігон ТПВ(твердих побутових відходів);

— видалення відходів — будь-яка операція з відходами, що призводить до рекуперації, рециркуляції, утилізації, прямого повторного чи альтернативного використання (утилізація органічних речовин, поховання в землю або складання на землю; скидання на спеціально обладнанні санкціоновані місця; біологічна обробка; фізико-хімічна обробка; зберігання в очікуванні наступних операцій тощо)[9];

— захоронення відходів — остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях таким чином, щоб їх довгостроковий шкідливий вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення не перевищував установлених нормативів.



Рис. 1. Схема послідовності переробки полімерів

Враховуючи порівняльну характеристику методів переробки ТПВ [3], можна виділити переваги і недоліки цих методів, зокрема для пакувальної галузі при умові повного циклу роботи (з переробкою відходів пакувальних матеріалів). Екологічно чистим, способом боротьби з ТПВ і промисловими відходами, на сьогоднішній день, є переробка відходів[5].

В першу чергу, необхідно впроваджувати станції по вторинній переробці упаковок ПЕТ, цей процес нескінченний, а значить найбільш вигідний. Звичайно, необхідно створювати заводи з переробки побутового сміття навколо великих міст, якщо не зробити це вчасно, то скоро вся наша планета перетвориться на смітник. Адже шляхом багатоступінчастої переробки відходів виробництва — можна отримувати багато видів пластмас, які знову можуть бути використані і перероблені.

Відходи є хорошою сировиною при відповідному корегуванні композицій для виготовлення виробів різного призначення. Технологічні відходи полімерних матеріалів з

термопластів використовуються безпосередньо після дроблення й подрібнення виробів. При цьому виходять відходи розміром 4—5 мм і менше. Крім того, ці відходи можна додавати в вихідні полімерні матеріали, що використовуються у вигляді сумішей. Для раціонального їх використання та транспортування до місця отримання полімерних виробів вторинна сировина після дроблення гранулюється. Основні стадії технологічного процесу переробки технологічних відходів наведено на рис. 2. Різні поліетиленові плівки та пластмасові упаковки з-під їжі складають величезну частку твердих побутових відходів. На сьогоднішній день число заводів, що займаються переробкою пластику, різко розширилося. Отримання вторинного матеріалу в результаті переробки полімерів, надійного недорогого матеріалу — заслуговує на окрему увагу. Відходи PET утворюються на всіх стадіях процесу переробки сировини у виробі: при екструзії, литві, пресуванні, вакуум-формованні, видуванні із заготівлі. Тому відходи PET мають найрізноманітніші форми і розміри — від маленьких обрізків до великих компактних шматків або різної конфігурації ливників і облоїв. Після вакуум-формовання листових матеріалів відходи PET у вигляді листів нестандартних розмірів і їх обрізків складають 15—35 %, в окремих випадках можуть досягати 75 % повній продуктивності екструдера. Питомі показники утворення відходів збільшуються при зменшенні розміру литих виробів. При виготовленні преформ об'єм відходів, що утворюються, складає, залежно від сировини і вживаних технологій, 0,6—0,9 % [6]. Як вже було сказано, для того, щоб отримати вторинний матеріал, потрібно зробити переробку пластику. Основні етапи процесу підготовки використаного полімеру до переробки представлені на рис. 1.

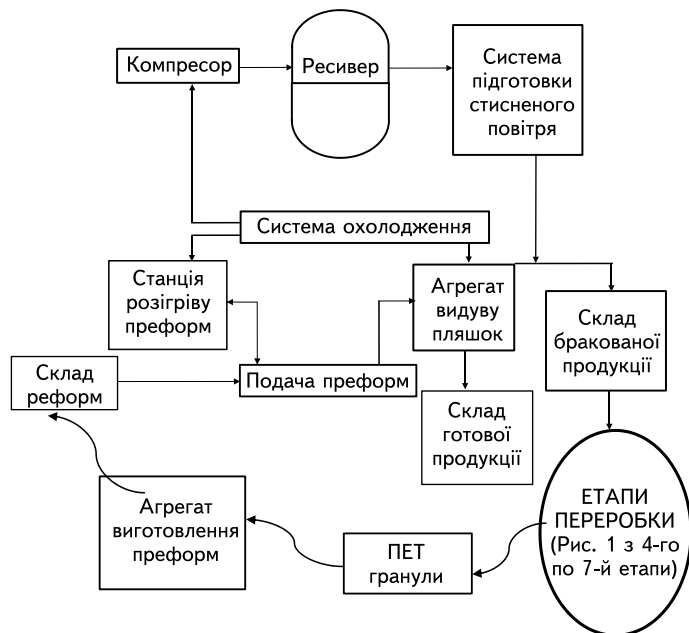


Рис. 2. Логістичний ланцюг рециклінгу відходів при виробництві упаковок.(технологічний цикл виробництва пет-пляшок)

Але узагальнивши все вищесказане і досліджуючи різні підходи вітчизняних та зарубіжних вчених до групування зворотних матеріальних потоків, доцільно використовувати у контексті логістичного управління зворотними матеріальними потоками, зворотна логістику, реверсивну.

Розглядаючи процес переробки полімерних пакувань з точки зору реверсивної логістики можна отримати алгоритм побудови логістичної системи першого рівня для підприємства по виготовленню полімерних упаковок рис. 2.

Проведені дослідження виявили необхідність впровадження логістики рециклінгу в діяльність підприємств по виготовленню упаковки рис. 3.

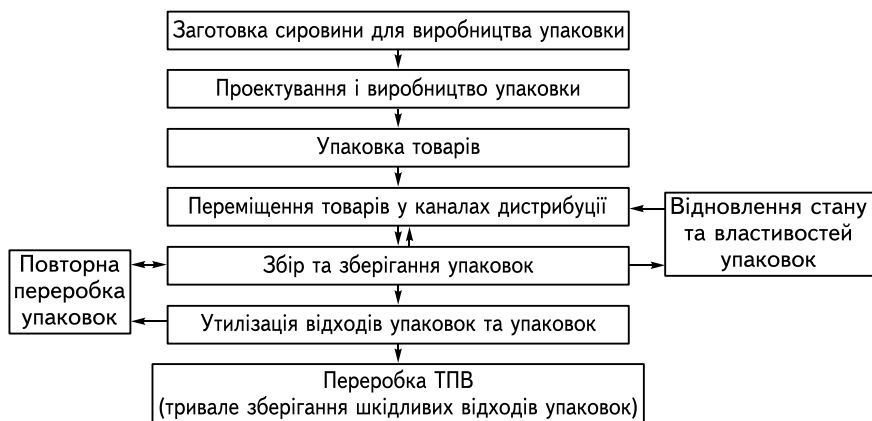


Рис. 3. Логістичний ланцюг рециклінгу упаковок

За допомогою математичного моделювання на етапі побудови логістичної системи другого рівня для даного підприємства, виконується уточнення даних отриманих шляхом спостережень.

Часто в результаті в результаті аналізу операційної моделі виробництва ми бачимо, що тимчасова вартість технологічного циклу може бути скорочена в 3—5 разів за рахунок виключення операцій, пов'язаних з надмірним переміщенням матеріалів і напівфабрикатів на виробництві, а також за рахунок виключення невиробничих міжопераційних інтервалів.

Для визначення оптимального місця розташування регіонального логістичного центру з переробки відходів упаковки, оптимальним є використання методів економіко-математичного моделювання — частково цілочислове лінійне програмування з n логічними (q_k) та i неперервними (x_{ik}) змінними:

$$Z^{mp} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m a_{ik} x_{ik} \rightarrow \min,$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} \leq q_k,$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} \leq p_i,$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, m,$$

$$q_k = \begin{cases} 1, & \text{якщо підприємство з переробки відходів} \\ & \text{розташовано в пункті} \\ 0, & \text{у супротивному випадку} \end{cases}$$

$$q_k \in \{0, 1\},$$

$$n_k = \begin{cases} 1, & \text{якщо є спеціалізовані транспортні організації} \\ 0, & \text{якщо спеціалізовані транспортні організації відсутні} \end{cases}$$

$$n_k \in \{0, 1\},$$

$$m_k = \begin{cases} 1, & \text{якщо транспортна мережа розвинена} \\ 0, & \text{якщо транспортна мережа не розвинена} \end{cases}$$

$$m_k \in \{0, 1\},$$

де i — номер підприємства, з якого вивозяться відходи ($i = 1, \dots, n$); k — номер регіонального логістичного центру з переробки відходів; $Z^{тр}$ — загальні транспортні витрати, грн; x_{ik} — обсяг перевезення відходів; a — транспортні тарифи на 1 т відходів від i -го підприємства, з якого вивозяться відходи, до k -го підприємства з переробки відходів; q_k — пропускна спроможність підприємства з переробки відходів; p_i — обсяги відходів, які утворюються у виробничому процесі; q_k — логічна змінна; n_k — наявність транспортних організацій, що спеціалізуються на перевезенні відходів; m_k — характеристика транспортної мережі.

Для визначення всіх чинників, які впливають на робочий процес і характеризують його функції, частково доцільно застосувати параметричну модель рис. 4.

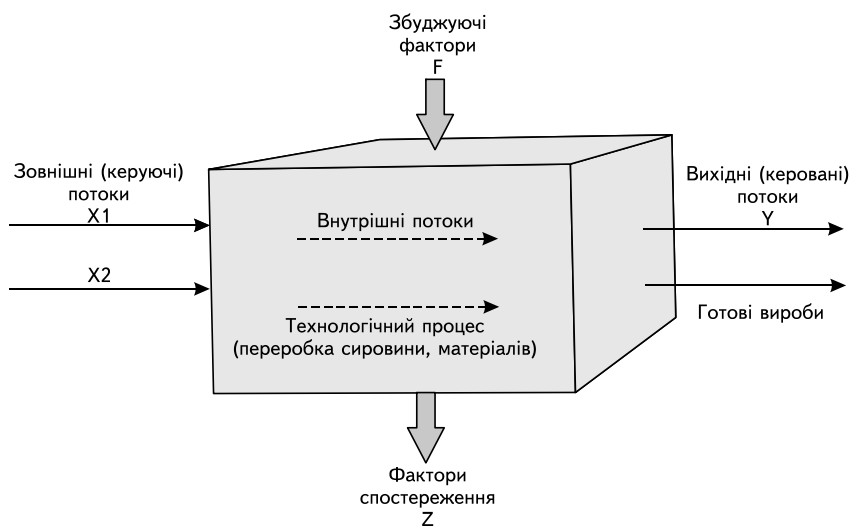


Рис. 4. Параметрична логістична схема абстрактного технологічного процесу рециклінгу упаковки

Висновки. Зображена на рис.4, так звана кібернетична «чорна скринька», описує взаємозв'язок параметрів та показників, які мають інформацію про процеси, потоки, впливи, наслідки і передбачає можливі результати їх взаємодії. Параметри можуть змінюватись, їх кількість для різних технологічних процесів може відрізнятись, але для будь якої параметричної моделі вони можуть бути керованими і збуджуючими (некерованими). Керовані — є параметрами, які безпосередньо впливають на процес. Вони можуть бути виміряні і навмисне змінені, тобто ви можете використовувати їх для управління процесом. Збуджуючі — це ті, які мають вплив на перебіг процесу, але вони свідомо змінюватись не можуть.

Відмінністю опису технологічного процесу на базі реверсивної логістики, є обов'язкова присутність зворотніх потоків, наявність замкнутих циклів виробництва. Це обумовлює безвідходність, екологічність, зниження матеріальних витрат на складування, перевезення, додаткову переробку відходів. Розроблена логістична система першого рівня може бути основою для подальшої розробки математичної моделі рециклінгу при виробництві упаковки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кальченко А.Г. Логістика: підручник / А.Г. Кальченко. — К.: КНЕУ, 2003. — 284 с. ISBN 966-000-000-0
2. Угольников С. Полуавтоматическое оборудование для выдува ПЭТ-бутылок / С. Угольников, Г. Петляков // Тара и упаковка. — 1998. — №1. — С.46—48.
3. Виговська Г.П. Організаційно-економічні засади управління відходами на регіональному рівні / Г.П. Виговська, В.С. Міщенко // Проблеми сбора, переработки и утилизации отходов: сб. науч. ст. — Одесса: ОЦНТЭИ, 2000. — С. 21—30.

4. Bowersox D.J. Logistical Management / D. J.Bowersox, D. J. Closs. — New York, 2010. — 730 p.
5. Fisher M.L. What is the Right Supply Chain for Your Products? / M. L. Fisher // Harvard Business Review. — 2008. — March — April. — P. 23-32.
6. Raymond McLeod, Jr. Management Information Systems: A study of computer-based informational systems. — Washington: Simon & Shuster Custom Publishing, 2001. — 655 p.
7. Багатовимірний статистичний аналіз / П.О. Іваненко, І.В. Семеняк, В.В. Іванов. — Х.: Основа, 2002. — 144 с.
8. Борисова А.Н. Обработка нечеткой информации в системе принятия решений / А.Н. Борисова, А.В. Алексеева, Г.В. Меркурьева и др. — М.: Наука, 2005. — 192 с.
9. Боровиков В.П. Прогнозирование в системе Statistica в среде Windows / В.П. Боровиков, Г.И. Ивченко. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 384 с.

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ РЕВЕРСИВНОЙ ЛОГИСТИКИ ДЛЯ УПАКОВОЧНОЙ ОТРАСЛИ

Л.А. Кривопляс-Володина, В.Б. Захаревич

Национальный университет пищевых технологий

Реализация системного подхода в логистическом управлении обуславливает минимизацию расходов отдельных подразделений. Основным объектом управления при перемещении материальных ресурсов между технологическими участками принимают сквозной материальный поток. Этот поток движется по логистической цепи, начиная от первоисточника — сырья и заканчивая конечным потребителем. С помощью математического моделирования на этапе построения логистической системы предприятия выполняется уточнение данных, полученных путём наблюдения. Это обуславливает безотходность, экологичность, понижение материальных расходов на складирование, перевозки, дополнительную переработку отходов при производстве упаковки.

Ключевые слова: *реверсивная логистика, отходы, упаковка, полимеры, материальный поток, модель.*

EXPERIMENTAL STUDIES MINIMAX CONTROL AND SURVEILLANCE, TO THE BAKING CHAMBER TEMPERATURE REGIME

O.P. Lobok, B.M. Goncharenko, A.M. Slyezenko

National University of Food Technologies

Key words:

baking chamber,
temperature,
minimax control (evaluation),
the quality of the transition process

Article history:

Received 27.06.14
Received in revised form
1.09.2014
Accepted 15.10.2014

Corresponding author:

goncharenkobn@i.ua

ABSTRACT

The solutions of optimization problems of minimax control and surveillance for multidimensional control objects in a complete and accurate, and in incomplete inaccurate measurement of the state of the object. An experimental investigation on expressions making optimal management, monitoring, state of origin and the values of the optimality criteria of the object under these conditions. Investigated for the case of admissible perturbations incomplete inaccurate measurements, calculated values of the criteria except as well the values of their upper limits. The analysis of transients matrix elements of the feedback $R(t)$ that in both cases the object state. Proved that the appearance of these transients does not change in both coordinate measuring any change in the status of the available options. Proved that synthesizing optimal control has an additional safety factor, more of the payment.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІНІМАКСНОГО КЕРУВАННЯ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПЕКАРНОЇ КАМЕРИ

О.П. Лобок, канд. фіз-мат. наук, Б.М. Гончаренко, д-р. техн. наук

А.М. Слезенко, студент

Національний університет харчових технологій

Наводяться розв'язки оптимізаційних задач мінімаксного керування та спостереження для багатовимірних об'єктів керування (ОК) за умов повних і точних, а також неповних і неточних вимірювань параметрів стану об'єкта. Експериментально досліджені оптимальні керування, спостереження, стан координат та значення критеріїв оптимальності об'єкта за цих умов. Досліджені припустимі збурення для випадку неповних і неточних вимірювань, обчислені крім значень критеріїв також і значення їхніх верхніх меж. Доведено, що синтезоване оптимальне керування має додатковий запас стійкості, більший від розрахованого.

Ключові слова: пекарна камера, температурний режим, мінімаксне керування (оцінювання), якість перехідного процесу.

Вступ. Розв'язок оптимізаційної задачі мінімаксного керування лінійним багатовимірним об'єктом (температурним режимом пекарної камери) з мат моделлю за критерієм оптимальності

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + K(t)f(t), \\ x(t_0) = Mx^0, \end{cases} \quad (1)$$

$$I(u) = \int_{t_0}^T x^T(t)G(t)x(t)dt + \int_{t_0}^t u^T(t)D(t)u(t)dt + x^T(T)Hx(T), \quad (2)$$

де $A(t)$, $B(t)$, $K(t)$, $M(t)$, $G(t)$, $D(t)$, H — додатно визначені симетричні вагові матриці;
відносно початкових умов x^0 і збурювальних чинників f , що належать до області S_λ у вигляді гіпереліпсоїда виду:

$$S_\lambda = \left\{ (f, x^0) : (x^0, Px^0) + \int_{t_0}^t [f(\tau), Q(\tau)f(\tau)] d\tau \leq \lambda^2(t) = \right. \\ \left. = \left\{ (f, x^0) : x^{0T}Px^0 + \int_{t_0}^t f^T(\tau)Q(\tau)f(\tau)d\tau \leq \lambda^2(t), \right. \right. \quad (3)$$

де $\begin{cases} P = P^T > 0, \\ Q = Q^T > 0, \end{cases}$ тобто, P , Q — додатно визначені симетричні вагові матриці з відомими

коефіцієнтами; $\lambda(t)$ — відома скалярна функція, що визначає об'єм і динаміку зміни розміру еліпсоїда [1]; за умови вимірювання або спостереження координат його стану дає [2] оптимальне (мінімаксне) керування у вигляді зворотного зв'язку від стану ОК

$$u(t) = R(t) \cdot x(t), \quad (4)$$

де $R(t)$ — матриця зворотного зв'язку (керування), $x(t)$ — вектор стану об'єкта.

Матриця керування (або матриця підсилення) $R(t)$ в оптимальному керуванні (4) визначається за співвідношенням:

$$R(t) = -\lambda^{-2}(t)D^{-1}(t)B^T(t)\psi(t), \quad (5)$$

де $\lambda(t)$ — відома скалярна функція; $D(t)$ — відома додатно визначена симетрична вагова матриця; $B(t)$ — матриця коефіцієнтів математичної моделі (1); $\psi(t)$ — спряжена матриця, яка визначається з функції Гамільтона [3].

За умови неповних і неточних вимірювань вектора стану ОК спостереження описується співвідношенням:

$$y(t) = C(t)x(t) + M(t)f_2(t), \quad (6)$$

де $C(t)$ — матриця, яка визначає елементи вектору стану об'єкта $x(t)$, які вимірюються з похибками (неповно, неточно); $f_2(t)$ — вектор похибок спостережень; $M(t)$ — матриця коефіцієнтів при складових вектору $f_2(t)$ похибок спостережень [4].

Оптимальне керування за цих умов визначається як:

$$u(t) = R(t) \hat{x}(t) + Q(t)y(t) \quad (7)$$

де $R(t)$ — матриця зворотного зв'язку (матриця підсилення); $Q(t)$ — шукана матриця коефіцієнтів при спостереженнях $y(t)$; $y(t)$ — спостереження вимірюваних координат стану

об'єкта $x(t)$; $\hat{x}(t)$ — оцінки координат стану об'єкта $x(t)$; на виході фільтра (Калмана-Бюсі) [5].

Оптимальне керування повинно задовольняти умову мінімізації наступного критерію:

$$J_c(u) = \sup_{(x^0, f_1, f_2) \in S_\lambda} I_c(u), \quad (8)$$

де $I_c(u)$ — критерій (функціонал) якості.

Тепер для матриці керування або зворотного зв'язку можна одержати вирази

$$R(t) = -\lambda^{-2}(t)D^{-1}(t)B^T(t)\psi(t), \quad (9)$$

$$G(t) = S(t)C^T(t)P_2(t), \quad (10)$$

де $\lambda(t)$ — відома скалярна функція; $B(t)$ — матриця коефіцієнтів математичної моделі (3.58); $G(t)$ — одна з шуканих матриць фільтра, яка визначає його структуру; $P_2(t)$ — додатно визначена симетрична вагова матриця з відомими коефіцієнтами області допустимих збурень; $S(t)$ — матриця, яка задовільняє певне матричне рівняння; $\psi(t)$ — спряжена матриця.

Постановка проблеми та аналіз останніх досягнень. Для експериментальних досліджень наведених вище розв'язків в середовищі пакету прикладних програм Matlab було розроблене алгоритмічно-програмне забезпечення для випадків *першого* — повного і *другого* — неповного і неточного вимірювання координат стану об'єкта. Лістинги основних програм для цих випадків і всіх допоміжних підпрограм (перетворення матриці в вектор, перетворення вектора в матрицю, обчислення підінтегральної функції мінімаксного критерію, еліпсоїда допустимих збурень і т.д.) наведено в [1].

Це забезпечення дає змогу візуалізувати функціонування системи керування у вигляді графіків перехідних процесів оптимальних керувань і станів системи, елементів матриці зворотного зв'язку $R(t)$, матриці $\psi_{ij}(t)$ (в другому випадку до перерахованих додаються ще графіки спостережень стану системи, оптимальних оцінок станів і елементів матриці $S_{ij}(t)$) і досліджувати вплив цих показників на якість регулювання.

Крім того передбачено виведення мінімального значення критерію $I(u)$ при відомих зовнішніх збуреннях, мінімального значення мінімаксного критерію $J(u)$, який є верхньою межею для $I(u)$, і значення лівої частини обмеження на допустимі збурення St . В другому випадку, крім перерахованих, додаються ще значення середньоквадратичної похибки оцінювання при відомих зовнішніх збуреннях $\text{Sigma}(z)$ і значення мінімаксної середньоквадратичної похибки оцінювання $\text{SigmaM}(z)$.

Мета статті — виклад та аналіз результатів експериментальних досліджень.

Виклад основного матеріалу. Аналіз перехідних процесів елементів матриці зворотного зв'язку $R(t)$ і елементів матриці $\psi(t)$

Графіки цих перехідних процесів наведені на рис. 1 і 2.



Рис. 1. Графіки перехідних процесів елементів матриці зворотного зв'язку $R(t)$

Дані графіки слід розглядати справа ліворуч, а не навпаки, як завжди, оскільки інтегрування при розв'язанні диференціальних рівнянь відбувалось в зворотному напрямі.

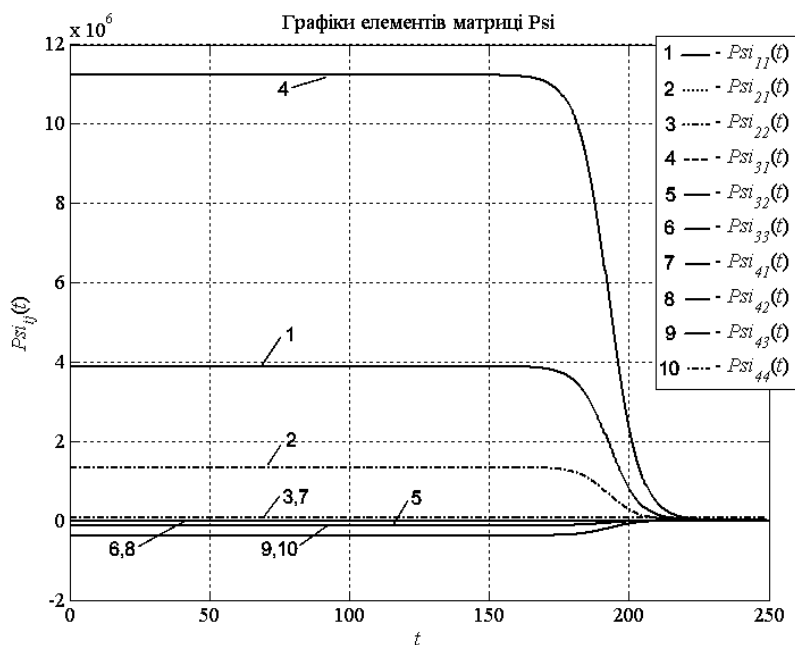


Рис. 2. Графіки перехідних процесів елементів матриці $\psi(t)$

Експерименти показали, що вигляд ПП не змінюється в обох випадках (повного і точного вимірювання координат стану та неповного і неточного) при зміні будь-яких з доступних для зміни параметрів: виду збурень, їх частоти або амплітуди, вагових коефіцієнтів матриць і т.д.

При цьому збільшення вагових коефіцієнтів критерію оптимальності призводить до зменшення масштабів вертикальної осі для ПП елементів матриці зворотного зв'язку $R(t)$ і наближення ліній різних елементів, та збільшення масштабів («розширення») для ПП елементів матриці $\psi(t)$ і віддалення ліній різних її елементів одна від одної. Має місце і зворотний процес. Відповідна зміна вагових коефіцієнтів області припустимих збурень мало змінює або взагалі не змінює вигляд і масштаб ПП.

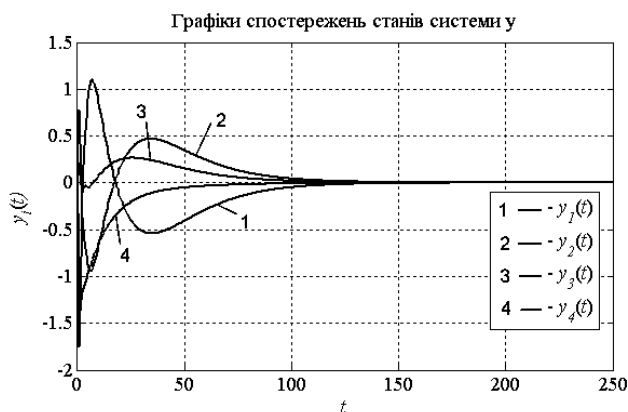
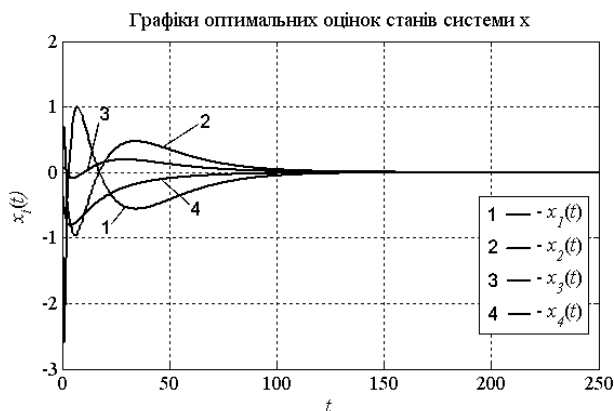
Аналіз перехідних процесів спостережень станів системи $y(t)$ і оптимальних оцінок

$\hat{x}(t)$ для випадку неповних та неточних вимірюваннях координат стану об'єкта. Графіки цих перехідних процесів фактично дають змогу наочно оцінити якість роботи мінімаксного фільтра Калмана-Бюсі.

На рисунках 3, 4 наведені графіки ПП відповідно оптимальних станів системи $x(t)$, спостережень $y(t)$ і оптимальних оцінок (або відфільтрованих значень) $\hat{x}(t)$.

Порівняння вищенаведених графіків вказує на те, що вони є не просто подібними, а дуже близькими одне до одного як за значеннями, так і за характером перебігу. Зокрема, графіки оптимальних оцінок станів системи найближче відтворюють дійсні стани системи. Можна зробити висновок про задовільну роботу використаного фільтра і можливість його застосування для побудови оптимального мінімаксного регулятора в умовах неповноти і неточності вимірювання координат стану об'єкта.

Аналіз перехідних процесів оптимальних керувань $u(t)$ і відповідних їм оптимальних станів системи $x(t)$. Ці ПП є найважливішими показниками якості функціонування і роботи мінімаксної системи керування, і тому розглянуті.

Рис. 3. Графіки перехідних процесів спостережень станів системи $y(t)$ Рис. 4. Графіки перехідних процесів оптимальних оцінок станів системи $\hat{x}(t)$

Спочатку треба вибрати певний стандарт, з яким порівнюватимуться ПП за умови змінювання різних показників. Для обох випадків такими «стандартами» є всі вагові діагональні одиничні матриці і значення збурень в початковий момент часу $t_0 = [-0.2, 0.4, 0.1, -0.5]$. Кінцевий момент керування T в програмі обирається залежно від вигляду ПП та їхнього затухання (найчастіше в межах 60—250). При цьому скалярна функція в рівнянні (9) є $\lambda(t) = 2$ для випадку повних і точних вимірювань і $\lambda(t) = 7$ для випадку неповних і неточних вимірювань.

Графіки ПП оптимальних керувань і станів системи для першого випадку наведені, відповідно, на рис. 5 і 6, а для другого випадку, відповідно, на рис. 7 і 8.

Збільшення вагових коефіцієнтів матриці P_0 області припустимих збурень у випадку неповних і неточних вимірювань вже суттєво змінює вигляд і перебіг ПП оптимальних керувань і станів системи. Зокрема, при збільшенні вагових коефіцієнтів матриці P_0 суттєво зростають витрати на керування і в той же час збільшується похибка функціонування системи, що особливо помітно за амплітудами ПП координат $x_1(t)$ і $x_2(t)$. При цьому мінімальне значення критерію при відомих зовнішніх збуреннях $J(u) = 56.3164$, його верхня межа $J(u) = 1853849.5148$, а значення лівої частини обмеження на припустимі збурення $St = 9.7989$, тобто, збурення виходять за припустимі межі, але система не втрачає стійкості і має, як і в попередньому випадку, більший від розрахованого запас.

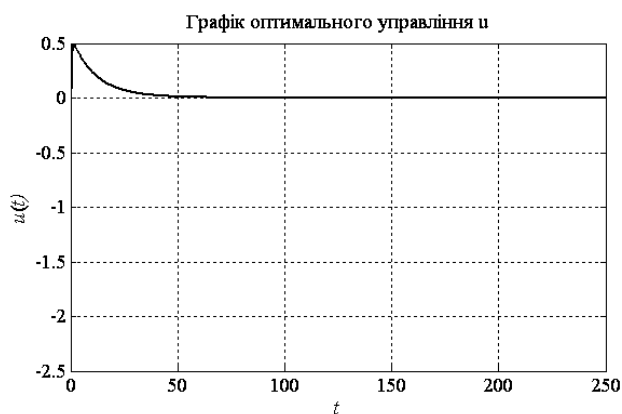


Рис. 5. Графік перехідного процесу оптимального керування $u(t)$ для випадку повних і точних вимірювань

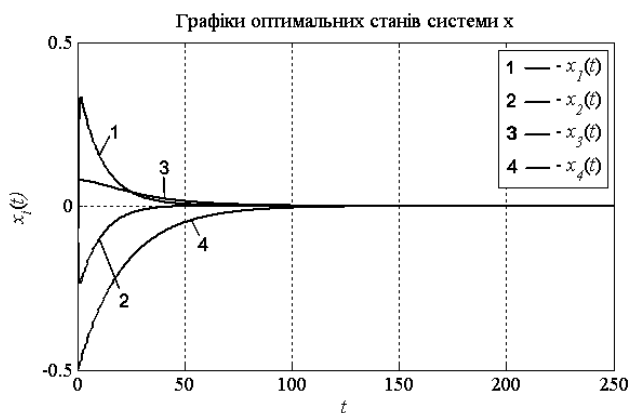


Рис. 6. Графіки ПП оптимальних станів $x(t)$ для випадку повних і точних вимірювань

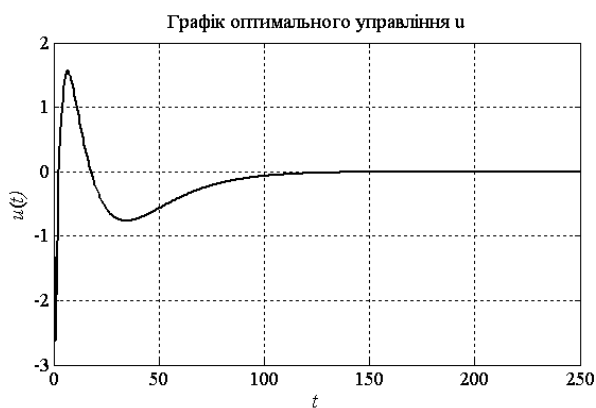


Рис. 7. Графік ПП оптимального керування $u(t)$ для випадку неповних і неточних вимірювань

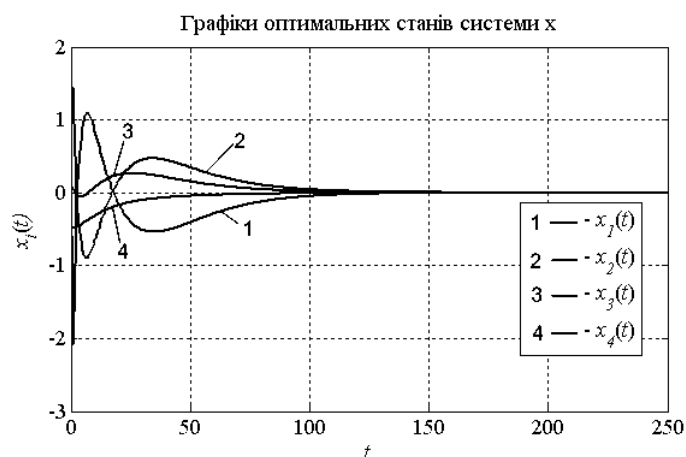


Рис. 8. Графіки переходних процесів оптимальних станів системи $x(t)$ для випадку неповних і неточних вимірювань

Види збурень, що розглядалися в усіх випадках вище, були аперіодичними експоненційно затухаючими. Проте на об'єкт можуть діяти й інші види збурень, зокрема, незатухаючі, змішані і т.д.

Для аналізу впливу на оптимальні керування і стани системи в обох випадках (повного і точно та неповного і неточного вимірювань) періодичних з різними амплітудою і частотою збурень розглядаються два їх види: періодичне затухаюче і незатухаюче. Передбачено збільшення в 10 разів амплітуди, відтак збільшення і зменшення в 10 разів частоти при незмінній амплітуді. Встановлено, що збільшення частоти зменшує значення критерію $J(u)$, а амплітуди — навпаки збільшує. При цьому збільшення частоти несуттєво зменшує в першому випадку і збільшує в другому випадку обмеження St , в той час, як збільшення амплітуди в обох випадках суттєво збільшує це значення. Навіть при виході збурень за припустимі межі якість керування (регулювання) погіршується незначно, і через деякий час відбувається вихід на стабілізоване значення (тобто, система має великий запас стійкості, більший від номінально розрахованого).

Видно, що значення верхньої межі критерію оптимальності $J(u)$ залишається незмінним для кожного випадку (повного і точно та неповного і неточного вимірювань) при будь-яких змінах амплітуд і частот збурень та їх видів.

При *періодичних незатухаючих збуреннях* переходні процеси, що розглядаються, при точних і повних та неточних і неповних вимірюваннях координат стану об'єкту є практично ідентичними (з різницею лише у масштабі).

Аналіз переходних процесів елементів матриці $S(t)$. Графічне представлення переходних процесів цієї матриці наведено на рис. 9.

Вигляд даних ПП є практично незмінним при зміні будь-яких інших з розглянутих вище показників, крім матриць P_0 , P_1 , P_2 області припустимих збурень, що свідчить про стабільність структури мінімаксного фільтра і його залежність лише від зазначених матриць P_0 , P_1 , P_2 (при постійних значеннях інших матриць, зокрема, матриці $A(t)$ коефіцієнтів математичної моделі і матриці $C(t)$ коефіцієнтів моделі спостережень)

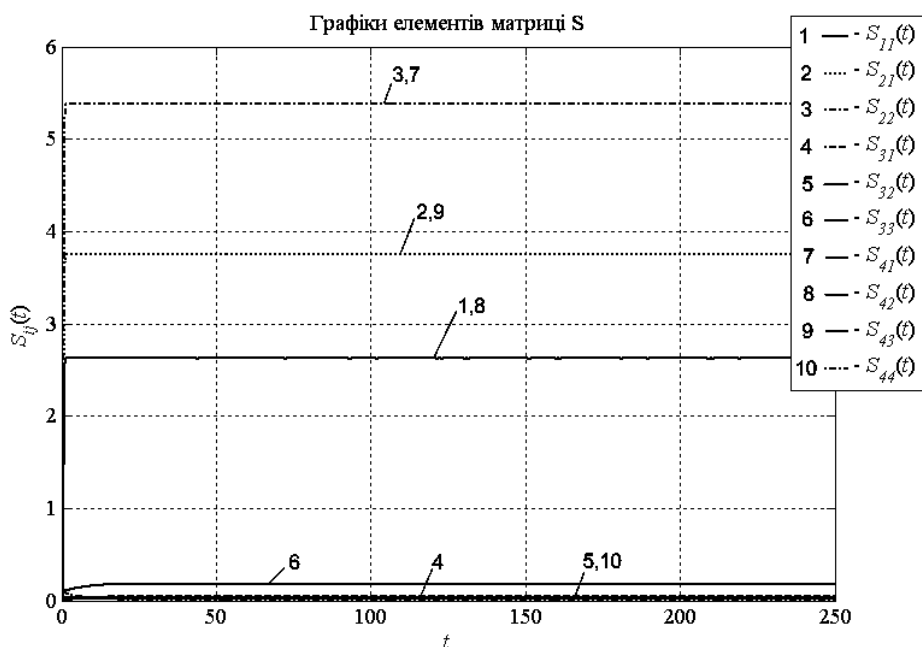


Рис. 9. Графіки перехідних процесів елементів матриці $S(t)$

Висновки. Здійснений аналіз перехідних процесів (ПП) елементів матриць зворотного зв'язку $R(t)$ та $\Psi(t)$ для обох випадків вимірювання стану об'єкта, а також ПП оптимальних

станів системи $x(t)$, спостережень $y(t)$ і оптимальних оцінок $\hat{x}(t)$, щоб оцінити якість роботи мінімаксного фільтра Калмана-Бюсі. Досліджені ПП оптимальних керувань $u(t)$ і відповідних їм оптимальних станів системи $x(t)$, а також область припустимих збурень у випадку неповних і неточних вимірювань, які суттєво змінюють вигляд і перебіг ПП оптимальних керувань і станів системи. Доведено, що синтезоване оптимальне керування має додатковий запас стійкості, більший від розрахованого.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Слезенко, А.М.* Дослідження оптимального мінімаксного управління лінійними динамічними системами, що функціонують в умовах невизначеності/А.М. Слезенко, О.П. Лобок// Програма і матеріали 78 міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у ХХІ столітті», 2–3 квітня 2012р. — К.:НУХТ, 2012. — Ч. 2. — С. 316—317.
2. *Лобок О.П.* Синтез оптимального мінімаксного керування лінійними багатовимірними об'єктами за умови неточного і неповного їх вимірювання/ О.П. Лобок, Б.М. Гончаренко, Л.Г. Віхрова// Збірник наукових праць КНТУ. Вип.26. — Кіровоград: КНТУ. 2013. — С.247—253
3. *Кириченко Н.Ф.* Минимаксный подход к рекуррентному оцениванию состояний линейных динамических систем/Н.Ф. Кириченко, А.Г. Наконечный//Кибернетика. — 1977. — №4. — С. 52—55.
4. *Бублик Б.Н.* Минимаксные оценки и регуляторы в динамических системах/ Б.Н. Бублик, Н.Ф. Кириченко, А.Г. Наконечный; Академия Наук Украинской ССР, Ордена Ленина институт кибернетики. — К.:АН УССР Ин-т кибернетики, 1978. — 47с.
5. *Кириченко, М.Ф.* Аналітичне конструювання мінімаксних регуляторів у лінійних системах/М.Ф. Кириченко//ДАН УРСР. — 1978. — № 1.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНИМАКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПЕКАРНОЙ КАМЕРЫ

А.П. Лобок, Б.Н. Гончаренко, А.М. Слезенко

Национальный университет пищевых технологий

Приводятся решения оптимизационных задач минимаксного управления и наблюдения для многомерных объектов управления (ОУ) в условиях полных и точных, а также неполных и неточных измерений параметров состояния объекта. Экспериментально исследованы по выражениям решений оптимальные управления, наблюдения, состояние координат и значений критериев оптимальности объекта при этих условиях. Исследованы допустимые возмущения для случая неполных и неточных измерений, рассчитаны кроме значений критериев также и значения их верхних границ. Доказано, что синтезированное оптимальное управление имеет дополнительный запас устойчивости, больший от расчётного.

Ключевые слова: *пекарная камера, температурный режим, минимаксное управление (оценивание), качество переходного процесса.*

CONTROL OF FOOD PRODUCTION FACILITIES IN TERMS OF SITUATIONAL CONFLICTS

V.D. Kishenko, D.V. Matsebula, O.P. Lobok

National University of Food Technologies

Key words:

food industry,
technical conflict,
management,
technological complex,
analysis of conflict,
compromise scheme

Article history:

Received 12.09.2014

Received in revised form
1.10.2014

Accepted 20.10.2014

Corresponding author:

chuvaaakmitya@gmail.com

ABSTRACT

Technical conflicts managing tasks in technological food industry complexes based on systemological approach by analyzing current conflict and its compromise scheme subsequent solution via changing energy or material resources were considered.

Conflicts identifying algorithm is presented In the article. There was used such factor as the intensity of interaction. Qualitative and quantitative process measures were used as performance criteria used. The software was developed in MATLAB environment that provides time series approximation of system parameters, and automatically determines the current state of the conflict in the subject.

A conflict analysis between mash column distillery output signals. As conflicting sides were taken alcohol content in a wash distillate and mash column top temperature. Mash consumption or steam flow can be used as control actions.

Compromised decisions for general goal achieving were reached by application of command variable.

КЕРУВАННЯ ХАРЧОВИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ В УМОВАХ СИТУАЦІЙНОЇ КОНФЛІКТНОСТІ

В.Д. Кишенько, канд. техн. наук, Д.В. Мацебула, аспірант

О.П. Лобок, канд. фіз-мат. наук

Національний університет харчових технологій

Розглянуті задачі управління технічними конфліктами в технологічних комплексах харчової промисловості на основі системологічного підходу шляхом аналізу поточного конфлікту і наступного його розв'язання за компромісною схемою змінюванням енергетичних чи матеріальних ресурсів.

Ключові слова: харчова промисловість, технічний конфлікт, керування технологічними комплексами, аналіз конфлікту, схема компромісу.

Вступ. Розгляд об'єктів харчової промисловості як складних систем є ефективним при побудові систем управління цими об'єктами. Складні системи характеризуються рядом таких ознак як багатокритеріальність, багатозв'язність, велика ступінь невизначеності тощо. При взаємодії декількох таких систем між ними виникають конфлікти, пов'язані саме із особливостями складних систем. Критеріями можуть виступати, наприклад, показники якості продукції, продуктивності лінії чи втрати сировини. На жаль, при досягненні цих цілей виникають конфлікти, наприклад, збільшення продуктивності найчастіше призводить до погіршення якості. Вирішення цих конфліктів дозволяє перейти до компромісу — рішення, яке б влаштовувало всі сторони конфлікту. Конфлікт не є щось виняткове, не синонім конфронтації, а спосіб подолання протиріч і обмежень, спосіб взаємодії складних систем — явище неминуче, нормальне.

Специфікою розвитку сучасних виробничих систем є, з одного боку, підсилення процесу інтеграції, а іншого боку, виконання ними задач в умовах конкуренції за володіння тим чи іншим ресурсом.

Конкуренція являє собою боротьбу за досягнення переважності в предметній галузі організації і проявляється у формі конфлікту, від результатів управління якими залежить їх розвиток і життєдіяльність.

Конфліктність ніколи не проявляється ізольовано, вона впливає на самоорганізацію і еволюцію, а також сама відчуває вплив з боку останніх. Тому конфлікт можливо розглядати в якості компоненти самоорганізації, яка, в свою чергу, входить складовою частиною в загальний еволюційний процес [1].

Формування будь-якого конфлікту починається із дефіциту ресурсів, чи в присутності ресурсів: комунікації не здатні забезпечити їх наявність в необхідному місці, в необхідній кількості і в заданий час. В зв'язку з цим виникають задачі вибору, розподілення, заміщення і своєчасної доставки ресурсів, необхідних для забезпечення різних виробництв.

Аналіз показує, що методи і алгоритми виявлення і попередження конфліктних ситуацій при управлінні складними технологічними процесами повинні враховувати ряд обмежень через специфіку конкретного об'єкта управління і задач прийняття рішень по управлінню (статика-динаміка; детермінованість-стохастичність-хаотичність; стаціонарність-нестационарність; ступінь невизначеності в оцінці стану та поведінки об'єкта тощо) [2].

Методи дослідження. Усунення конфліктів являє собою складну комплексну проблему, що включає траєкторну оптимізацію і управління обмеженнями. Ця проблема має багато задач: виявлення конфлікту, кластеризація рішення задачі усунення конфлікту і оптимізація рішення з урахуванням різних критеріїв.

На сьогодні існує велика кількість методів і алгоритмів виявлення конфліктів, однак, у даний час відсутнє комплексне рішення оцінки і розв'язання конфліктних ситуацій. Традиційно склалося так, що в більшості випадків задачу виявлення конфлікту і задачу розв'язання конфлікту розглядають роздільно. У роботах, присвячених розробці методів розв'язання конфліктів, як правило, приймається, що вже є система, яка виявляє конфліктну ситуацію [3].

Технологічні об'єкти харчової промисловості є складними системами, однією з ознак яких є багатокритеріальність, тобто існує множина показників якості протікання певного процесу. При досягненні оптимальних значень одних показників, інші показники можуть відходити від своїх оптимальних значень, вступаючи таким чином один з одним у протидію. Розроблений нами алгоритм дозволяє виявляти цю протидію і перевести її у сприяння, нейтралітет чи більш «м'яку» форму протидії. Обробка експериментальних даних дозволила дослідити поведінку технологічних об'єктів в умовах конфліктності, що дає можливість прийняття компромісних рішень, що в свою чергу призводить до покращення якості управління об'єктом в цілому.

Цільові функції системи Z_r задаються на деякому інтервалі часу T :

$$Z_r = Z_r(x(t), T_{Zr}(t), r = \overline{1, R}); \quad (1)$$

Ефективність у відповідності з прийнятим критерієм обраховується на інтервалі T [4]

$$\Xi = \Xi(\{Z_r\}, T_{Zr}, T). \quad (2)$$

Розглянемо конфлікт між двома системами: $1S$ і $2S$ (запис легко адаптується до випадку з n -системами):

$${}_1\dot{x}(t) = {}_1f(t, {}_1x(t), {}_2x(t), {}_1J(t), {}_2J(t)) + {}_1u(t, {}_1\tau_u) + {}_2v(t, {}_2\tau_v) \quad (3)$$

$${}_2\dot{x}(t) = {}_2f(t, {}_2x(t), {}_1x(t), {}_1J(t), {}_2J(t)) + {}_2u(t, {}_2\tau_u) + {}_1v(t, {}_1\tau_v) \quad (4)$$

де ${}_1x, {}_2x$ — вихідні параметри $1S$ і $2S$ відповідно; ${}_1u(t, {}_1\tau_u), {}_2u(t, {}_2\tau_u)$ — функції управління $1S$ і $2S$ відповідно; ${}_1v(t, {}_1\tau_v), {}_2v(t, {}_2\tau_v)$ — функції взаємодії $1S$ і $2S$ відповідно; t — поточний час; ${}_1\tau_u, {}_2\tau_u$ — запізнення управління $1S$ і $2S$ відповідно; ${}_1J, {}_2J$ — параметри моделі систем $1S$ і $2S$ відповідно.

За типом взаємодії конфлікти класифікуються на [1]: критеріальні, функціональні, інформаційні та ресурсні.

Для критеріальної оцінки конфліктів двох систем 1S та 2S введемо поняття ефективності взаємодії 1ζ та 2ζ відповідно

$$1\zeta = \frac{\delta \cdot 1\mathcal{E}[2\mathcal{E}]}{\delta \cdot 2\mathcal{E}}; \quad 2\zeta = \frac{\delta \cdot 2\mathcal{E}[1\mathcal{E}]}{\delta \cdot 1\mathcal{E}} \quad (5)$$

де $1\mathcal{E}$, $2\mathcal{E}$ — ефективність.

При цьому:

$$\frac{\delta F[u]}{\delta u(x_0)} = \lim_{\substack{\Delta x \rightarrow 0 \\ \max|\delta u| \rightarrow 0}} \frac{F[u + \delta u] - F[u]}{\int_{\Delta x} \delta u(x) dx} \quad (6)$$

Під впливом взаємодій ефективності систем змінюються, це і є основою критеріальної класифікації. Існують конфлікти нейтралітету, єдності, симбіозу, співдружності, коаліції, антагонізму, суперництва [1, 3].

Класи конфліктів можуть бути стабільними, але можуть змінюватися в процесі взаємодії, у деяких випадках зберігаючи сприяння (або протидію), а в деяких випадках, навпаки, переходячи від сприяння до протидії. Такі конфлікти називаються тимчасовими. Тимчасові конфлікти бувають періодичними. Клас конфлікту може змінюватися під впливом як середовища, так і внутрішніх стимулів. Взаємна інформація сторін (якщо вона існує) може бути при цьому ненавмисно або навмисно помилковою.

Управлінню конфліктами притаманні специфічні особливості, які виходять за рамки аксіоматики, що складає методологічну основу класичної теорії оптимального управління, автоматичного регулювання та прийняття рішень.

Будемо виділяти два основних види управління конфліктами: зовнішнє і внутрішнє.

Зовнішнє або координаційне управління — це різновид управління в ієрархічних багаторівневих системах, між компонентами яких є конфлікт, але немає антагонізму. Не тільки відсутність, але всяке обмеження свободи вибору, знижує якість управління, оскільки супроводжується зняттям відповідальності з підлеглих при виконанні ними своїх функціональних обов'язків. Тому, на відміну від звичайного управління, координація передбачає аналіз конфліктних ситуацій і пошук шляхів розв'язання суперечностей за рахунок узгодження частинних інтересів сторін, в інтересах досягнення глобальних інтересів всієї системи.

Внутрішнє управління або самоуправління властиво як антагоністичним, так і неантагоністичним конфліктам. Воно полягає в здатності конфліктуючих сторін самостійно змінювати стан конфлікту і загальну траєкторію його розвитку з урахуванням обмежень, які встановлюються зовнішніми керуючими (координуючими) впливами.

Результати і аналіз дослідження. Цілі та ефективності взаємодії будемо обирати на основі показників якості технологічних процесів. В якості цільових функцій для технологічних параметрів можуть бути використані такі показники якості:

1. Максимальне зростання параметру — $X \rightarrow \max$. Даний показник може бути використаний для параметрів, що відповідають продуктивності технологічного об'єкту, наприклад витрата дифузійного соку в дифузійному апараті, витрата бражки в бражній колоні тощо.

2. Максимальне зменшення параметру — $X \rightarrow \min$. Даний показник може бути використаний для параметрів, що відповідають втратам у виробництві, наприклад вміст цукру у мелясі в цукровому виробництві, вміст спирту у флегмі в спиртовому виробництві.

3. Підтримка значення параметру на заданому рівні — $X \rightarrow X_{зд}$. Даний показник використовується для всіх параметрів технологічного процесу, таких, як температура, тиск, вологість тощо, які обумовлюються технологічним регламентом.

Був розроблений алгоритм виявлення і усунення конфліктів на технологічних об'єктах. Цей алгоритм має наступну структуру:

1. Зчитування часових рядів. На даному етапі обираються параметри стану технологічного об'єкта, які необхідно дослідити на предмет конфліктів, обирається відрізок часу на якому буде розглядатися взаємодія сторін конфлікту.

2. Обробка і апроксимація часових рядів. Зчитані часові ряди переглядаються на предмет промахів у вимірюваннях датчиків, вибір ступеню ряду Фур'є для апроксимації, підбір початкових значень коефіцієнтів апроксимаційної функції.

3. Формування цільових функцій. В залежності від типу сторін конфлікту обирається одна з трьох можливих цільових функцій: мінімізація параметру — $X \rightarrow \min$, максимізація параметру — $X \rightarrow \max$ і підтримка параметра на заданому рівні — $X \rightarrow X^*$.

4. Формування і розрахунок критеріїв ефективності. Критерії ефективності формуються відповідно до обраних цільових функцій та параметрів, від яких залежать обрані змінні. В

загальній формі розрахунок ефективності виглядає так: $\int_{t_1}^{t_2} (Z + \sum a_i x_i) dt$, де Z — цільова

функція, a_i — вагові коефіцієнти, x_i — параметри стану. На даному етапі також обирається інтервал, на якому обчислюється ефективність сторін конфлікту, від того, яким він буде обраний залежить конфлікт буде розглядатися детально чи глобально.

5. Розрахунок інтенсивностей взаємодії. Розраховуються інтенсивності взаємодії з використанням числових методів знаходження похідної. В даному алгоритмі використовується наближений метод знаходження похідної.

6. Віднесення конфлікту до певного класу. Конфлікт класифікується згідно з критеріальною класифікацією таким чином: спочатку взаємодія між сторонами конфлікту поділяється на протидію, нейтралітет і сприяння, потім, в залежності від виявленого конфлікту відбувається його подальше диференціювання, а саме протидію розділяють на антагонізм, гостре суперництво і негостре суперництво, а сприяння — на єдність, симбіоз, співдружність і коаліцію.

7. Параметри процесу протидії? У даному умовному блоці відбувається перевірка наявності протидії між сторонами конфлікту. У разі її наявності алгоритм переходить до наступного пункту — вирішення конфлікту, у разі відсутності протидії необхідність вирішення конфлікту відпадає і алгоритм завершується.

8. Вирішення конфлікту. На даному етапі відбувається аналіз можливих управлінь, що впливають на сторони конфлікту. Управліннями обираються параметри, які являють собою витрати матеріальних і енергетичних ресурсів і входять у число параметрів, від яких залежить ефективність учасників взаємодії. Ці управління розраховуються ітеративним шляхом за допомогою методу ділення відрізка допустимих управлінь навпіл. Даний блок алгоритму буде працювати доти, доки не буде досягнуто необхідний цільовий стан конфлікту, наприклад, приведення антагонізму до негострого суперництва.

Були досліджені критеріальні конфлікти на прикладі конфлікту між технологічними параметрами бражної колоні спиртового заводу. В якості сторін конфлікту візьмемо вміст спирту в бражному дистиляті x_d (рис. 1) і температуру верху бражної колоні θ (рис. 2). В якості управляючих дій можна використовувати витрату бражки і витрату пари. При цьому використання в якості управляючої дії витрату пари є доцільнішим, оскільки зміна витрати бражки призводить до зміни продуктивності спиртового заводу в цілому.

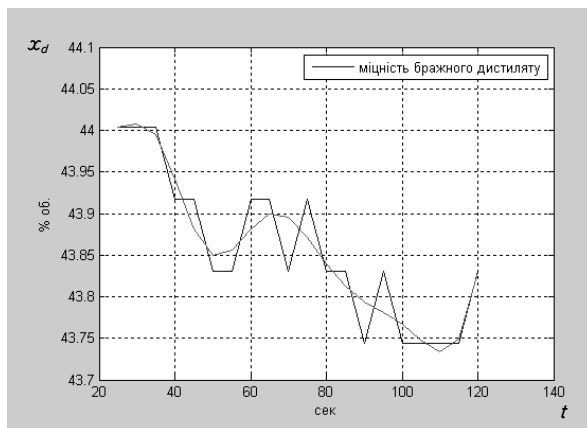


Рис. 1. Тренд міцності бражного дистиляту

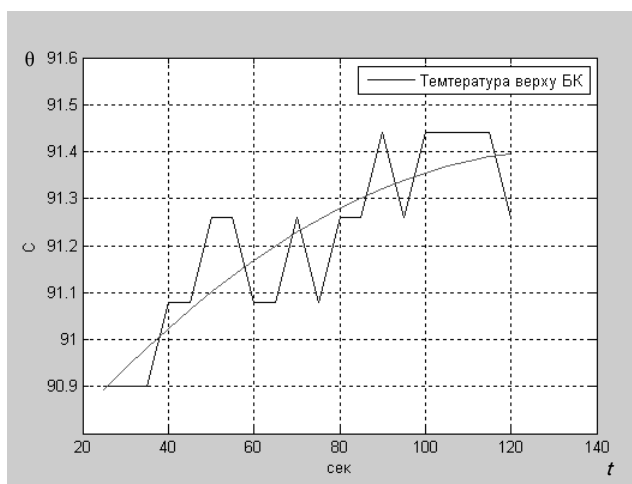


Рис. 2. Тренд температури верху бражної колони (БК)

Як видно із результатів роботи розробленого алгоритму, поточний конфлікт (рис. 3) можливо «згладити», перевести до більш бажаної взаємодії лише за рахунок жертви ефективністю хоча б одного з учасників конфлікту, тобто одна або обидві сторони конфлікту повинні частково поступитися своїми інтересами заради спільного блага. При цьому, як видно з рис. 4 (А,Б,В), чим більше буде подолано конфлікт, тим більшою буде жертва ефективності, а саме переведення конфлікту із стану «антагонізм» у стан «гостре суперництво» вимагає від першої сторони конфлікту в приблизно 1 одиницю ефективності, в той же час приведення конфлікту у стан «негостре суперництво» вимагає вже приблизно 1,5 одиниці ефективності, а у «співдружність» — майже 2.

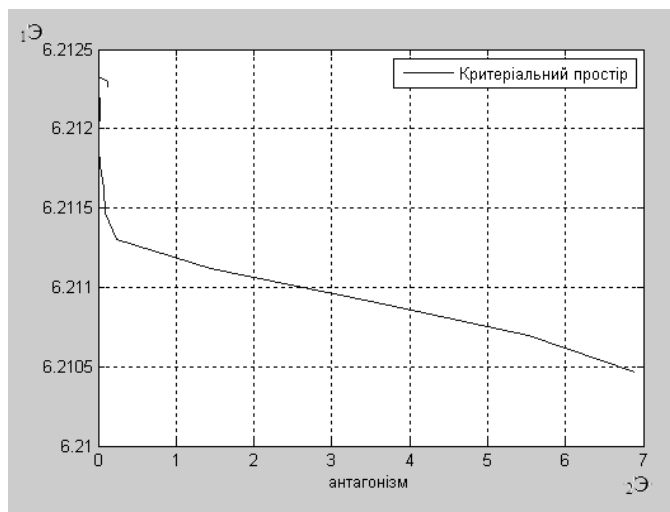


Рис. 3. Поточний стан конфлікту на об'єкті

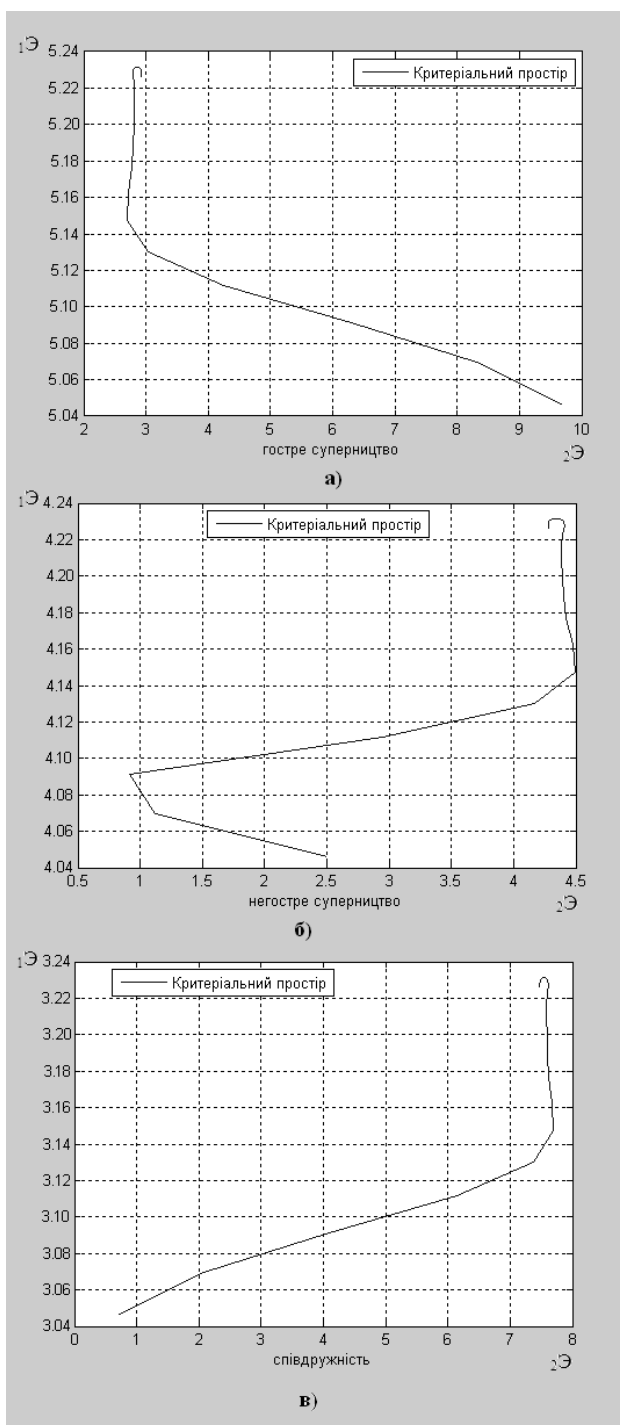


Рис. 4 (а, б, в). Зміна перебігу конфлікту під впливом управляючих дій

Висновки. Досліджено новий для харчової промисловості підхід — управління технічними конфліктами. Результати дослідження показали, що даний метод можливо і доцільно застосовувати на об'єктах харчової промисловості. Управління з точки зору теорії конфліктів стало можливим завдяки застосованому у даній роботі системологічному підході, який стверджує, що будь-яку взаємодію систем чи процесів можна розглядати як конфлікт, поділяючи при цьому конфлікти на сприяння, нейтралітет і протидію. В результаті моделювання були досліджені критеріальні конфлікти на прикладі конфлікту між технологічними параметрами бражної колони спиртового заводу. З одержаних результатів стало зрозуміло, що конфлікти в даному об'єкті виникають і потребують вирішення. Після формування необхідних управляючих дій були отримані компромісні рішення для досягнення спільних цілей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дружинин В.В. Введение в теорию конфликта / В.В. Дружинин, Д.С. Конторов, М.Д. Конторов. — М.: Сов. Радио, 1989. — 287 с.
2. Теоретические основы системного анализа / В.И. Новосельцев, Б.В. Тарасов, В.К. Голиков, Б.Е. Демин; под ред. В. И. Новосельцева. — М.: Майор, 2006. — 592 с.
3. Десятов, Д.Б. Теория конфликта: монография / Д.Б. Десятов, В.И. Новосельцев — Воронеж: Научная книга, 2008. — 346 с.
4. Елисов Л.Н. Концепция квалитетического исследования производственного конфликта / Л.Н. Елисов, М.В. Васин // Научный вестник МГТУГА. — 2007. — № 122. — С. 85—91.

УПРАВЛЕНИЕ ПИЩЕВЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ В УСЛОВИЯХ СИТУАЦИОННОЙ КОНФЛИКТНОСТИ

В.Д. Кишенько, Д.В. Мацебула, О.П. Лобок

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрены задачи управления техническими конфликтами в технологических комплексах пищевой промышленности на основе системологического подхода путем анализа текущего конфликта и последующего его решения по компромиссной схеме изменением энергетических или материальных ресурсов.

Ключевые слова: пищевая промышленность, технический конфликт, управления технологическими комплексами, анализ конфликта, схема компромисса.

SITUATIONAL CONTROL IN TECHNOLOGICAL COMPLEX BASED ON COGNITIVE MAPS

A. Ladanyuk, R. Boiko, D. Shumygai, Ya. Smityuh

National University of Food Technologies

Key words:

cognitive maps,
decomposition,
consonance,
causal relationships,
directed graph

Article history:

Received 12.03.2014
Received in revised form
15.04.2014
Accepted 14.11.2014

Corresponding author:

ladanyuk@ukr.net

ABSTRACT

This article describes the possibility of using fuzzy cognitive maps as a method of control of technological objects in conditions of uncertainty. Various methods for constructing cognitive maps situations are described. There are the basic parameters for each subsystem of sugar factory complex, which deviation from the calculated optimal values gives us the opportunity to find possible causes and take appropriate management decisions. It is noted that when using the integrated model of decision support in dynamic situations it is necessary to develop such methods: creating a cognitive model that corresponds to the evaluation hierarchy of scales sheet criteria, taking into account the influence of the consonants factor values of the cognitive model to evaluate alternatives in a hierarchical model.

УПРАВЛІННЯ СИТУАЦІЯМИ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ НА ОСНОВІ КОГНІТИВНИХ КАРТ

А.П. Ладанюк, д-р техн. наук, Р.О. Бойко, асист.

Д.А. Шумигай, асп., Я.В. Смітюх, канд. техн. наук, доц.

Національний університет харчових технологій

В статті розглядаються можливості використання нечітких когнітивних карт як засобів управління технологічними об'єктами в умовах невизначеності. Описані різні методи побудови когнітивних карт ситуацій. Для кожної підсистеми технологічного комплексу цукрового заводу визначено основні показники, відхилення яких від розрахункових або оптимальних значень дає можливість знайти можливі причини та прийняти відповідні керувальні рішення. Зазначено, що при використанні інтегрованої моделі підтримки прийняття рішень в динамічних ситуаціях необхідна розробка методів: створення когнітивної моделі, яка відповідає оцінювальній ієрархії, побудови шкал листових критеріїв; урахування впливу консонансів значень факторів когнітивної моделі на оцінку альтернативи в ієрархічній моделі.

Ключові слова: когнітивні карти, декомпозиція, консонанс, причинно-наслідкові відношення, орієнтований граф.

Вступ. Розглядається технологічний комплекс (ТК) цукрового заводу, функціонування якого відбувається в умовах невизначеності, що потребує формування альтернативних керувальних дій.

В статичних ситуаціях оцінки альтернатив рішень за багатьма критеріями можливо отримати різними методами, наприклад на основі методу ієрархії Т. Сааті, коли порівнюються дві складові: на основі декомпозиції цілі з виділенням ієрархії критеріїв та множиною альтернатив, які пропонують експерти. В динамічних ситуаціях доцільно мінімізувати усталені

переконання експертів за допомогою побудови моделей динаміки ситуацій на основі когнітивних карт, які описують ситуацію множиною факторів, зв'язаних причинно-наслідковими відношеннями. Таким чином, можна отримати прогнози розвитку ситуацій та сформувати рішення для переведення ситуацій з початкового в цільовий стан.

Методика дослідження. Когнітивна карта визначає структуру ситуації і формально представляє собою орієнтований граф, вершина якого є фактором ситуації, а зв'язані дуги — причинно-наслідкові відношення, вага яких відображає силу впливу факторів ситуації:

$$G = (F, W), \quad (1)$$

де F — множина вершин — факторів ситуації, $W = [w_{ij}]$ — матриця суміжності.

Для отримання прогнозів, розвитку ситуації використовуються нечіткі когнітивні карти, в яких для кожного фактора визначена впорядкована множина лінгвістичних значень $Z_i = \{Z_{iq}\}$ та шкала фактора як відображення лінгвістичних значень на відрізок числової осі $[0, 1]$, тобто $\phi: Z_i \rightarrow X_i$, де $X_i = \{X_{iq}\}$, $X_{iq} \in [0, 1]$, $\forall i, q$. Задаються також початковий стан ситуації як вектор значень всіх факторів ситуації $X(0) = (X_1^0, \dots, X_m^0)$ та початковий вектор приростів факторів ситуації $p(t) = (p_1, \dots, p_m)$.

Прогноз розвитку ситуації за допомогою когнітивних карт $X(t), X(t+1), \dots, X(t+n)$ — вектори стану ситуацій в послідовності дискретні моменти часу $t, t+1, \dots, t+n$ (t — крок моделювання). Стан ситуації в послідовні моменти часу в нечітких когнітивних моделях визначається парю $\langle X(t+1), C(t+1) \rangle$, де $C(t+1)$ — вектор когнітивного консонансу значення фактора. Когнітивний консонанс значення фактора $C_i(t+1) \in C(t+1)$ використовується для підтвердження впевненості у результатах моделювання: при $C_i(t) \approx 1$ впевненість в значенні фактора максимальна, при $C_i(t) \rightarrow 0$ — мінімальна.

Використовується також модель ієрархічного оцінювання ситуації, коли мета, яка сформульована в загальному виді, подається у формі дерева критеріїв шляхом декомпозиції мети на критерії частинного характеру. Ієрархія будується методом структурної декомпозиції сформульованої експертом мети «зверху вниз» і закінчується, коли визначено рівень «листових» критеріїв $K_1, \dots, K_n$, які далі не підлягають декомпозиції.

За допомогою експертної процедури парного порівняння або нечіткого інтервального парного порівняння визначаються ваги всіх листових критеріїв $V_i \in [0, 1]$, $\sum_{i=1}^n V_i = 1$. Після рівня листових критеріїв визначається рівень альтернатив $A = \{A^j\}$, $j = \overline{1, M}$, кожна з яких визначає рішення, що характеризується набором з назвами листових критеріїв K_i .

Для оцінки досяжності мети кожною альтернативою використовується функція $F: (A^j, V_i) \rightarrow R, i \in [1, n]$, де V_i — ваги листових критеріїв у ієрархічній моделі, $A^j \in A$, $j = \overline{1, M}$. Тоді оцінка досяжності мети для альтернативи A^j має вигляд лінійної згортки:

$$F(A^j, V_i) = \sum_{i=1}^n Y_{K_i}^j V_i,$$

де $Y_{K_i}^j \in [0, 1]$ — оцінка інтенсивності проявлення властивості альтернативи A^j , яка співпадає з назвою критерію K_i .

В динамічних ситуаціях можуть проявлятися суб'єктивні оцінки експертів, зменшити які можна також за допомогою моделей на основі когнітивних карт. Класичний підхід (рис. 1) передбачає попарне порівняння альтернатив, які генеруються експертом. Для 6-ти альтернатив та 3-х критеріїв необхідно виконати 45 парних порівнянь. При цьому таку кількість порівнянь в динамічній ситуації необхідно виконати для всіх альтернатив.

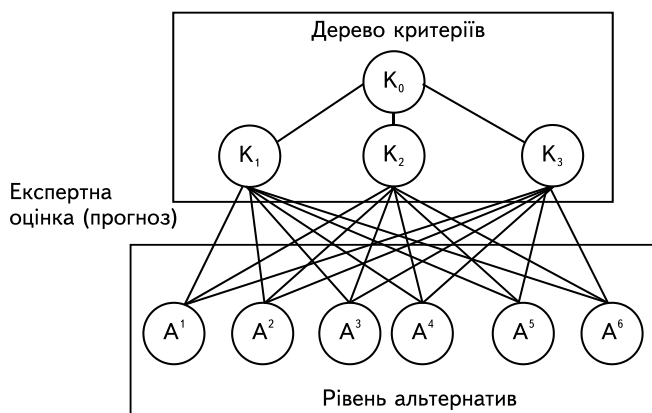


Рис. 1. Попарне порівняння альтернатив

Додавання однієї додаткової альтернативи передбачає проведення ще 18-ти парних порівнянь та отримання 18-ти прогнозів.

В технічній літературі описано інший підхід з використанням інтегрованої моделі (рис. 2).

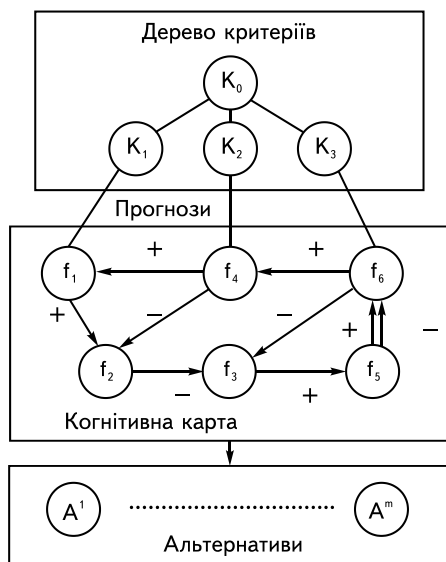


Рис. 2. Інтегрована модель

Суть підходу полягає в тому, що побудована когнітивна карта ситуації, фактори якої зв'язуються з близькими за змістом листовими критеріями, а експерт генерує альтернативи і прогнози їх застосування, які отримані за допомогою когнітивної моделі, автоматично передаються в оцінювальну ієрархію. У кількість альтернатив управління динамічною ситуацією у цьому випадку необмежена, а додавання нової альтернативи не приводить до необхідності додаткової експертної роботи [1, 2].

В той же час використання такої інтегрованої моделі підтримки прийняття рішень в динамічних ситуаціях потребує розробки методів: створення когнітивної моделі, яка відповідає оцінювальній ієрархії, побудови шкал листових критеріїв; урахування впливу консонансів значень факторів когнітивної моделі на оцінку альтернативи в ієрархічній моделі.

Результати та висновки. Для технологічного комплексу цукрового заводу для 3-х підсистем (дифузійного відділення, очистки дифузійного соку та випарювання) на основі літературного аналізу, експертних оцінок та експериментальних даних визначено комплекс виробничих ситуацій, насамперед нештатних, які викликані різними причинами (відхилення від технологічних режимів, незадовільна робота технологічного обладнання, засобів автоматизації, енергетичних пристроїв тощо). Кожна така ситуація для переведення її в штатну потребує формування відповідних керувальних дій, а загальна кількість нештатних ситуацій для кожної підсистеми сягає 20—30. Для ТК цукрового заводу у відповідності до викладеної методики глобальним критерієм є оцінка прибутку, отримана на певному часовому інтервалі $\Delta t = t_2 - t_1$, який може визначатись як доба, декада, місяць або виробничий сезон. Цей критерій виражається як адаптивна функція (сума) показників ефективності підсистем. Листовими критеріями є, наприклад, оцінка кількості та якості продуктів (напівпродуктів) на виході підсистем — витрати дифузійного соку, його якість, очищеного соку, сиропу. Альтернативні керувальні дії реалізуються за рахунок стабілізації або цілеспрямованості зміни технологічних режимів окремих підсистем шляхом зміни матеріальних та (чи) енергетичних потоків. В цьому випадку розробка нечітких когнітивних карт з відображенням причинно-наслідкових зв'язків є ефективним методом зменшення невизначеностей при формуванні керувальних дій [3]. Зокрема, для кожної підсистеми визначено основні показники, відхилення яких від розрахункових або оптимальних значень дає можливість знайти можливі причини та прийняти відповідні рішення. Наприклад, для дифузійної установки збільшення втрат цукру в жомі може викликатись 8—12 причинами, а для випарної установки зменшення концентрації сиропу — більш ніж 15-ма.

На рисунку 3 показана лише типова нечітка ситуація S^1 .

Для простоти графічного зображення обрано лише дві лінгвістичні змінні для ситуацій:

1-й рівень: S_{11} — суттєве зниження вмісту сухих речовин у сиропі; S_{12} — мале зниження вмісту сухих речовин у сиропі — $CP_{\text{сир}}$;

2-й рівень: S_{21} , S_{22} — суттєве та мале зниження тиску граючої пари першого корпусу (P_{11});

3-й рівень: S_{31} , S_{32} — суттєве та мале зниження температури в корпусах, крім останнього (Т);

4-й рівень: S_{41} , S_{42} — суттєве та незначне відхилення від графіку роботи вакуум-апаратів (ВА);

5-й рівень: S_{51} , S_{52} — суттєве та мале відхилення від оптимальних значень рівнів за корпусами (Н);

6-й рівень: S_{61} , S_{62} — суттєве та незначне зниження вмісту сухих речовин у соку, який поступає на перший корпус ($CP_{\text{сік}}$);

7-й рівень: S_{71} , S_{72} — незначне відхилення від норми, норма (СР).

Приклад нечіткої когнітивної карти процесу випарювання показаний на рис. 3. На основі цієї карти розроблена нечітка ієрархічна ситуаційна мережа (рис.) для ситуації, яка відображає зниження концентрації сиропу. На рисунках цифрами показані ймовірні зв'язки між концептами, які відповідають функціям належності. Ці значення отримано на основі існуючих аналітичних залежностей, які у виробничих умовах не виконуються, за результатами обробки експериментальних даних та думок фахівців експертів.

Нечіткі когнітивні карти з відповідним програмним забезпеченням є ефективним засобом управління технологічними об'єктами в умовах невизначеності.

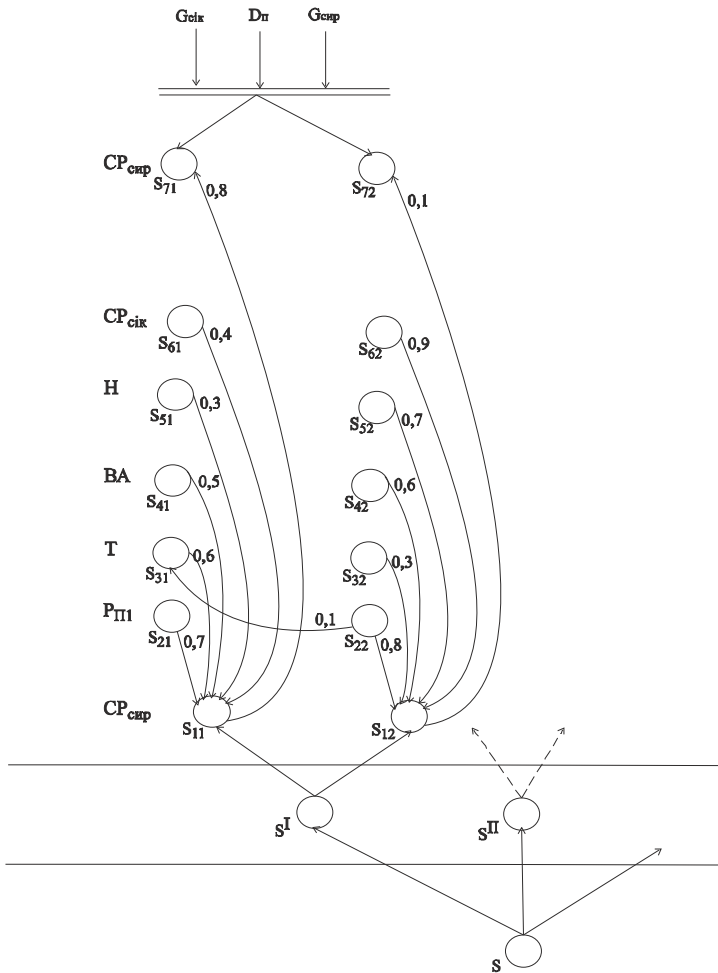


Рис. 3. Ієрархічна нечітка ситуаційна мережа

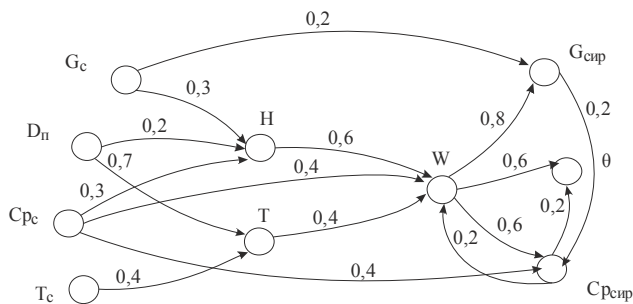


Рис. 4. Нечітка когнітивна карта процесу випарювання

G_c , $G_{сир}$, $D_{п}$ — відповідно витрати соку, сиропу, граючої пари; C_{p_c} , $C_{p_{сир}}$ — вміст сухих речовин соку, сиропу; T_c — температура соку; T — температурний режим в межах випарної установки; θ — якість сиропу; H — рівні за корпусами; W — кількість випареної води

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулинич, А.А. Интегрированная модель поддержки принятия решений в условиях неопределенности / А.А. Кулинич, Н.В. Титова. Труды Института проблем управления. — 2005. — Том 26. — С. 19—38.
2. Аверкин, А.Н. Поддержка принятия решений в слабоструктурированных предметных областях. Анализ ситуаций и оценка альтернатив / А.Н. Аверкин, О.П. Кузнецов, А.А. Кулинич, Н.В. Титова // Терия систем и управление. — 2006. — Вып. 3. — С. 139—149.
3. Бойко, Р.О. Використання нечітких когнітивних карт в системі управління технологічним комплексом / Р.О. Бойко // 79-а наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів. — К.: НУХТ, 2013. — С. 601—602.

УПРАВЛЕНИЕ СИТУАЦИЯМИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

А.П. Ладанюк, Р.О. Бойко, Д.А. Шумигай, Я.В.Смитюх

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматриваются возможности использования нечетких когнитивных карт как средств управления технологическими объектами в условиях неопределенности. Описаны различные методы построения когнитивных карт ситуаций. Для каждой подсистемы комплекса сахарного завода определены основные показатели, отклонение которых от расчетных или оптимальных значений дает возможность найти возможные причины и принять соответствующие управляющие решения. Отмечено, что при использовании интегрированной модели поддержки принятия решений в динамических ситуациях необходима разработка методов: создание когнитивной модели, которая соответствует оценочной иерархии, построения шкал листовых критериев; учета влияния консонансов значений факторов когнитивной модели на оценку альтернативы в иерархической модели.

Ключевые слова: когнитивные карты, декомпозиция, консонанс, причинно-следственные отношения, ориентированный граф.

IMPROVING OF THE RISK MODEL OF INJURIES AT THE ENTERPRISE

O. Evtushenko

National University of Food Technologies

Key words:

security,
work,
injuries,
risk,
accident

Article history:

Received 28.08.2014
Received in revised form
10.09.2014
Accepted 4.11.2014

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ABSTRACT

In order to optimize of prevention activities in the field of occupational safety is necessary to have quantitative characteristics and risk assessment by type, sources of hazards and causes of industrial accidents and measures to minimize or neutralize them. As the state of injury or risk of accidents at work is a random with a high degree of uncertainty, then for the purposes of Health and Safety management most commonly used approach based on logical analysis. In research analyzes the relationship of risk of injury with the prevention measures at the enterprises. The presented scheme of the risk of injury prevention activities and facilities for safety. Set quantitative characteristics for use in the practice of planning and forecasting — an extremely difficult task. From a formal point of view, this is because of the three main reasons: lack of reliable statistical data, the inability of conduction the experiments, the unpredictability of human behavior. It was suggested general advices on choosing preventive measures that can be used to improve project management decisions to ensure safe working conditions of employees enterprises Ukraine.

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ РИЗИКУ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВІ

О.В. Євтушенко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

В роботі проаналізовано зв'язок ризику травмування із заходами попередження нещасних випадків на підприємстві. Представлена схема дії на ризик травмування профілактичних заходів і засобів з охорони праці. Запропоновано загальні рекомендації щодо вибору профілактичних заходів, які можуть бути використані при вдосконаленні проектів управлінських рішень щодо забезпечення безпечних умов праці працівників підприємств різних галузей промисловості України.

Ключові слова: безпека, праця, виробничий травматизм, ризик, нещасний випадок.

Постановка проблеми. Для ефективної профілактики виробничого травматизму вирішальне значення має визначення ймовірних причин нещасних випадків та вибір адекватних способів реагування на них шляхом запровадження відповідних заходів і засобів з охорони праці. Очевидна на перший погляд схема попередження виробничих травм при детальному аналізі переростає в одну з основних проблем безпеки праці — проблему визначення зв'язків між ризиками (загрозами, небезпеками) травмування та заходами, що можуть його зменшити або нейтралізувати повністю. Особливо актуальною стає ця проблема за необхідності виконання кількісних оцінок та прогнозів для планування заходів і засобів з охорони праці на майбутнє.

При вирішенні цієї проблеми виділяються два підходи — емпіричний, що застосовується в управлінні охороною праці практикуючими фахівцями з охорони праці та менеджерами

підприємств і аналітичний, на основі теоретичних розробок та математичних моделей. Завдання, що вирішуються за допомогою обох підходів — в умовах обмежених ресурсів вибрати такі заходи й засоби з охорони праці, що найбільшою мірою сприяли б зниженню ризиків травмування на виробництві [5, 7, 9—10]. При емпіричному підході застосовуються переважно методи суб'єктивного вибору рішень, що базуються на інтуїції особи, відповідальної за прийняття рішення, логічному аналізі стану техніки й технологій, інформації про травматизм, його причини та заходи боротьби з ними, що застосовувалися на підприємстві у минулому або на інших підприємствах тощо. Для полегшення вибору профілактичних заходів при емпіричному підході застосовуються певні процедури та інформаційні матеріали нормативного [1—2] або методично-рекомендаційного характеру [3—4, 11—12].

Проте, за своїм змістом, емпіричний підхід — це суб'єктивний метод з властивими для нього недоліками: невисока достовірність отримуваних оцінок та прогнозів; неможливість, у більшості випадків, вибору оптимальних з точки зору результативності та обмежень на ресурси заходів і засобів з охорони праці.

Слід відмітити, що проблема передбачення та оцінювання впливу окремого профілактичного заходу на стан травматизму в охороні праці остаточно не вирішена. Пояснюється це не лише відсутністю спеціальних досліджень, а й надзвичайно складним характером самої проблеми. Оскільки стан травматизму чи ризик нещасного випадку на виробництві має випадковий характер з великою долею невизначеності, то пошук та визначення зв'язків у вигляді математичних залежностей між заходами профілактичного характеру та ризиком травмування є надзвичайно складною процедурою. Тому для потреб практики управління охороною праці найчастіше застосовується підхід на основі логічного аналізу. Методи формалізації та визначення зв'язків на основі математичних залежностей між характеристиками заходів з охорони праці та показниками травматизму або ризику практично не застосовуються. Є лише поодинокі спроби пошуку таких залежностей, які не дозволяють широко застосовувати їх для планування та прогнозування в управлінні безпекою праці та виробничого середовища.

Тому задача пошуку зв'язків між заходами профілактики та ризиками нещасних випадків на підприємстві була й залишається актуальною. Її розв'язання має забезпечити підвищення ефективності профілактики травматизму на основі визначення найбільш значимих, пріоритетних способів впливу на ризик.

Метою роботи є — дослідження впливу профілактичних заходів на ризик виробничого травматизму. Формулювання загальних рекомендацій щодо вибору профілактичних заходів.

Об'єкт дослідження — явище виробничого травматизму на харчовому підприємстві.

Виклад основного матеріалу дослідження. Раціональним є шлях, що базується на застосуванні системного підходу до профілактичних заходів.

У формалізованому вигляді зв'язок ризику травмування на підприємстві із заходами профілактичного (попереджувального) характеру, враховуючи схему, наведену на рис. 1 можна зобразити у вигляді

$$R_p = f(R_o, PZ_H, PZ_K). \quad (1)$$

Це загальний запис залежності ризику від профілактичних заходів. Для окремого профілактичного заходу залежність (1) можна трансформувати за двома варіантами.

Перший — коли визначається вплив на загальний ризик цього заходу

$$R_p = f(R_o, PZ_H, PZ_{Ki}), \quad (2)$$

де PZ_{Ki} — i -тий керований профілактичний захід.

Другий варіант — це визначення впливу на ризик травмування, зумовлений конкретною виробничою небезпекою, тобто

$$R_{pi} = f(R_{oi}, PZ_{Hi}, PZ_{Ki}), \quad (3)$$

де R_{pi} — ризик травмування від i -тої виробничої небезпеки після запровадження i -того профілактичного заходу, R_{oi} — ризик травмування до запровадження i -того профілактичного заходу, PZ_{Hi} — «некеровані», обов'язкові для виконання профілактичні заходи, орієнтовані на нейтралізацію i -тої виробничої небезпеки, PZ_{Ki} — i -тий керований профілактичний захід.

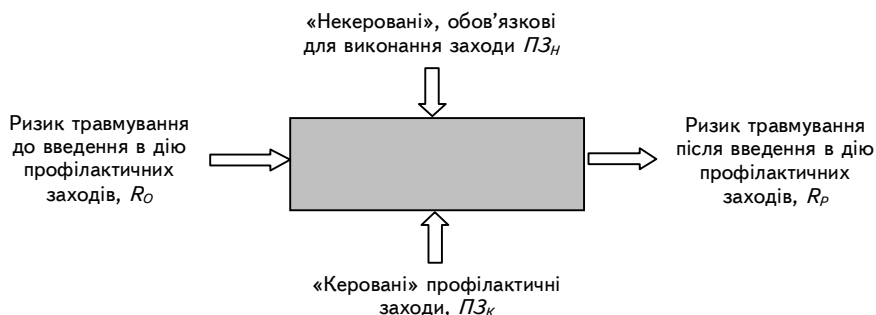


Рис. 1. Схема дії на ризик травмування профілактичних заходів і засобів з охорони праці (за принципом «чоного ящика»)

З урахуванням того, що ризик травмування до запровадження профілактичних заходів можна вважати величиною постійною, формула (2) приймає вигляд

$$R_p = R_O - f(PZ_n, PZ_k), \quad (4)$$

Знак «мінус» у формулі (4) показує, що будь-який профілактичний захід має зменшувати ризик. Таким чином, шляхом простого логічного аналізу системи профілактики виробничого травматизму отримані прості формалізовані вирази зв'язків ризику травмування та характеристик профілактичних заходів, що мають впливати на ці ризики.

Проте встановити вигляд наведених залежностей та визначити їх форму й кількісні характеристики для застосування у практиці планування й прогнозування — надзвичайно складне завдання. Зумовлено це, з формальної точки зору, трьома основними причинами. Перша, й головна з них, — це відсутність достовірної статистичної інформації про те, наскільки окремі профілактичні заходи попереджують травмування працівника на виробництві. Друга причина, що витікає з першої, — це неможливість проведення спеціально організованих експериментів для отримання такої інформації (враховуючи специфіку ринкового середовища, примусити роботодавця займатися широкомасштабним експериментуванням з безпекою праці мало реально). Третя причина стосується характеру попереджувальної діяльності в охороні праці (мається на увазі надзвичайна складність та невизначеність процесу травмування, на який потрібно впливати тим чи іншим способом, присутність у виробничій системі людини, з непередбачуваністю її поведінки та реакцій на виробничі небезпеки тощо). Тому й не дивно, що в багаточисельних публікаціях наукового характеру проблема профілактики травматизму у вигляді необхідності отримання теоретичних чи аналітичних залежностей між профілактичними заходами та ризиком травмування на виробництві практично не ставилася.

Оскільки чинна нормативно-правова база охорони праці зорієнтована у переважній більшості актів на «абсолютну» безпеку, а сучасні тенденції розвитку охорони праці орієнтують профілактику травматизму на застосування ризикоорієнтованих підходів, заснованих в т.ч. і на прогностичних моделях, то на цей час особливої актуальності набула проблема вибору практично здійсненних і ефективних профілактичних заходів, спрямованих на нейтралізацію чи зменшення ризику. З урахуванням зазначеного та практики планування профілактики виробничого травматизму в Україні [3—4] і за кордоном [11—12] пропонуються наступні рекомендації щодо вибору профілактичних заходів.

Загальні рекомендації щодо вибору профілактичних заходів.

1. Основним завданням профілактики виробничого травматизму є запобігання нещасним випадкам шляхом приведення виробництва у відповідність до вимог нормативно-правових актів з охорони праці та нейтралізації (зменшення впливу) небезпек, що можуть призвести до травмування працівника. При цьому, роботодавець має «передбачити» можливі ситуації ризику з метою їх уникнення у майбутньому.

2. Профілактичні заходи мають обов'язково базуватися на даних попереднього аналізу та оцінки. Лише за таких умов можна визначити такі заходи, що істотно впливають на рівень виробничого травматизму та можуть бути успішно реалізованими.

3. Серед основних видів профілактичних заходів найбільш корисним і ефективним вважається підхід який виключає людину із контуру управління і тому є більш надійним у більшості ситуацій, оскільки не залежить від фізичного, психологічного та інших станів працівника.

4. Конкретний зміст профілактичного заходу залежить від прогнозованого виду небезпеки, ризику чи від виду невідповідності нормативно-правовому акту з охорони праці. При виборі заходів можна керуватися наступним переліком задач, які повинні вирішувати ці заходи: приведення у першу найбільш небезпечних елементів виробничих процесів, діляниць, робочих місць у стан, що відповідає вимогам нормативно-правових актів з охорони праці; зниження тяжкості можливих наслідків нещасних випадків; зниження ймовірності нещасного випадку; поліпшення стану охорони праці.

5. У разі прогнозування достатньо високих показників ризику травматизму при визначенні варіантів заходів необхідно враховувати, що для усунення виробничих небезпек можуть використовуватися наступні способи: розробити новий, більш безпечний спосіб виконання виробничої операції; усунути обставини (джерела), що створюють небезпеку; змінити технологію виконання робіт; зменшити частоту виконання небезпечної операції; відмовитися від виробничої операції, якщо усунути чи зменшити можливість травмування неможливо.

6. При виборі профілактичного заходу приймаються до уваги всі можливі варіанти, що можуть не лише попередити нещасний випадок, а й знизити тяжкість можливих наслідків та зменшити довгострокові наслідки. Пріоритет повинен віддаватися тим заходам, що здатні з найбільшою ефективністю запобігати травматизму.

7. Виробнича безпека робочого місця, а отже й стабільний випуск продукції забезпечується серед іншого такими заходами: інформування працівників та їх безпосередніх керівників про потенційні (прогнозовані) ризики й небезпеки (наприклад, через навчання, інструктажі); мотивування працівників до безпечного виконання робіт (поведінкові установки); інструктажі, професійне навчання; підвищення безпеки праці та виробничого середовища засобами адміністративного й технічного контролю, поліпшенням умов праці, заміною шкідливих матеріалів, використанням індивідуальних засобів захисту тощо; забезпечення безпечного функціонування машин, устаткування та інших виробничих об'єктів відповідно до їх прямого призначення.

8. Особливу увагу варто приділяти оперативному застосуванню таких профілактичних заходів, які є економічними, технічно надійними й легкими для здійснення. Після запровадження таких заходів повинні здійснюватися спостереження за ними та перевірятися їх ефективність і, за потреби, мають застосовуватися більш ґрунтовні заходи.

Висновки. Для дослідження впливу профілактичних заходів на ризик травмування та вибору таких заходів необхідно застосовувати методи, що базуються на двох підходах. Перший підхід полягає в тому, що при наявності статистичної інформації, котра прямо чи опосередковано може стосуватися профілактичних заходів, виконуються її аналіз з використанням методу головних компонент та регресійного аналізу для отримання статистичних моделей впливу профілактичних заходів на ризик травмування. Другий підхід до визначення (вибору) та обґрунтування профілактичних заходів застосовується, якщо кількісна інформація щодо профілактичних заходів відсутня. У цьому випадку приймається, що профілактичні заходи мають спрямовуватися на нейтралізацію конкретних ризиків. Профілактичні заходи мають обов'язково базуватися на даних попереднього аналізу та оцінки. Тому на наступному етапі досліджень впливу профілактичних заходів на ризик травмування та вибору таких заходів, необхідно застосовувати методи статистичного аналізу та експертного уточнення за групами впливових факторів, що є найбільш перспективним шляхом зниження ризику травматизму.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3273 — 95. Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги. — К.: Держстандарт України, 1996. — 12 с.
2. ГОСТ 12.2.003 — 91. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 9 с.

3. *Рекомендації* щодо профілактичних заходів, що можуть включатися до загальнодержавних, регіональних, галузевих програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. — К.: Національний науково-дослідний інститут охорони праці, 2011. — 11 с.

4. *Рекомендації* щодо розроблення системи профілактики виробничого травматизму (СПВТ) на основі ризикоорієнтованого підходу — К.: Національний науково-дослідний інститут охорони праці, 2012 — 40 с.

5. *Євтушенко, О.В.* Дослідження впливу профілактичних заходів на ризики травмування на виробництві / О.В. Євтушенко, А.О. Водяник // Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : Матеріали 79-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 15-16 квітня 2013 р. — К., — 2013. — ч.2 — С.691 — 692.

6. *Євтушенко, О.В.* Профілактика виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості / О.В. Євтушенко, А.О. Водяник // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів сьомої науково-методичної конференції, Київ НТУУ «КПІ», 13-14 листопада 2012 р. — К., — 2012. — С. 15 — 18.

7. *Євтушенко, О.В.* Прогнозування ризиків виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості / О.В. Євтушенко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2013. — Вип. 51. — С.46 — 55.

8. *Рекомендації щодо розробки системи управління охороною праці підприємства з урахуванням вимог міжнародного стандарту OHSAS 18001 «Система менеджменту охорони здоров'я та безпеки персоналу».* — К.: Національний науково-дослідний інститут охорони праці, 2004 — 56 с.

9. *Євтушенко, О.В.* Выбор мероприятий для профилактики риска травмирования на рабочих местах предприятий пищевой промышленности / О.В. Евтушенко // Технические науки: современные проблемы и перспективы развития. Материалы первой Международной научно-практической конференции, 10 декабря 2012 г. — Йошкар-Ола, — 2013. — С. 245—248.

10. *Evtushenko, O.* Causal relationship occupation injury in the food industries / O. Evtushenko, O. Evtushenko // Ukrainian journal of food science. — 2013. — Vol. 1., Issue 2. — P. 263—269.

11. *Todd D. Smith* DeJoy Occupational Injury in America: An analysis of risk factors using data from the General Social Survey (GSS) Original Research Article / D.Smith Todd, M. David // Journal of Safety Research, Volume 43, Issue 1. — February 2012. Pages 67—74.

12. *Occupational risk management under the OHSAS 18001 standard: analysis of perceptions and attitudes of certified firms* Original Research Article. Journal of Cleaner Production, Volume 24, March 2012, Pages 36—47. Beatriz Fernández-Muciz, Josy Manuel Montes-Peyn, Camilo Josy Vázquez-Ordóñez.

УЛУЧШЕНИЕ МОДЕЛИ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРЕДПРИЯТИИ

О.В. Евтушенко

Національний університет пищевых технологий

В работе проанализирована связь риска травмирования с мероприятиями предупреждения несчастных случаев на предприятии. Представлена схема воздействия на риск травмирования профилактических мероприятий по охране труда. Предложены общие рекомендации по выбору профилактических мероприятий, которые могут быть использованы при совершенствовании проектов управленческих решений по обеспечению безопасных условий труда работников предприятий различных отраслей промышленности Украины.

Ключевые слова: безопасность, труд, травматизм, риск, несчастный случай.

RATIONALE ALGORITHM FOR OPTIMAL ROBUST CONTROL

B.M. Goncharenko, A.P. Lobok*National University of Food Technologies***Key words:**

optimization problem,
robustness,
the synthesis of robust controller,
Riccati equation,
the Hamiltonian,
connected to the system,
the criterion task

Article history:

Received 22.09.2014
Received in revised form
10.10.2014
Accepted 8.11.2014

Corresponding author:

goncharenkobn@i.ua

ABSTRACT

The problem of construction optimal robust control as a feedback connection from the state of linear dynamic system, which minimizes the integral square functional under the most adverse perturbations of the system is considered. Considered and proposed solution to the problem of constructing a guaranteed linear control system that is influenced by perturbations of unknown nature, which, however, are limited to the area in the form of an ellipsoid. Received the one-parameter family of minimax controllers for which a given criterion does not exceed a certain limit. Minimax optimal control sought by searching the minimum threshold functionality using numerical iterative methods. The foregoing should facilitate the application of the method in the food industry minimax approach for practical optimization problems of estimation and control parameter values restored states.

ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ОПТИМАЛЬНОГО РОБАСТНОГО КЕРУВАННЯ

Б.М. Гончаренко, д-р. техн. наук**О.П. Лобок, канд. фіз.-мат. наук***Національний університет харчових технологій*

«Немає речі більш практичної, ніж хороша теорія»

Оптимальне робастне керування у вигляді зворотного зв'язку від стану лінійного динамічного об'єкта мінімізує інтегрально-квадратичний функціонал при найбільш несприятливих збуреннях системи. Оптимальне мінімаксне керування знаходиться шляхом пошуку мінімально допустимого порогового значення функціоналу за допомогою чисельних ітераційних методів.

Ключові слова: оптимізаційна задача, робастність, синтез робастного регулятора, рівняння Ріккати, функція Гамільтона, сполучена система, критеріальна задача.

Вступ. Більшість об'єктів керування в реальних системах функціонує [1] в умовах невизначеності, пов'язаної з недостатньою інформацією про об'єкт, неточністю його математичної моделі, вихідних даних і т.д. Тому завданням керування об'єктами, що функціонують в умовах невизначеності, приділялася і продовжує приділятися велика увага [2]. У даній роботі розглядається і пропонується розв'язок задачі побудови гарантованого керування лінійною системою, що знаходиться під впливом збурень невідомої природи, які однак належать до обмеженої області у вигляді еліпсоїда [3].

Постановка проблеми та аналіз стану останніх досліджень. Динаміка стану лінійного об'єкта $x(t)$ при керуванні $u(t)$ і збуреннях $f_0, f(t)$ наступна

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t) + B(t)u(t) + K(t)f(t), & 0 < t \leq T, \\ x(0) = Lf_0, \end{cases} \quad (1)$$

де $x(t) \in \mathbf{R}^n$ — вектор стану, $u(t) \in \mathbf{R}^m$ — вектор керування, $f(t) \in \mathbf{R}^r$ — невідомий вектор зовнішніх збурень, що діють на систему, $f_0 \in \mathbf{R}^r$ — також невідомий вектор, що збурює систему (1) в початковий момент часу, $A(t) \in \mathbf{R}^{n \times n}$, $B(t) \in \mathbf{R}^{n \times m}$, $K(t) \in \mathbf{R}^{n \times r}$, $L \in \mathbf{R}^{n \times r}$ — задані матриці.

Область допустимих збурень задається у вигляді еліпсоїда [3]

$$S_f = \left\{ f : f = (f_0, f(\cdot)), (F_0 f_0, f_0) + \int_0^T (F(t)f(t), f(t)) dt \leq 1 \right\}, \quad (2)$$

де $F_0 = F_0^T > 0$, $F(t) = F^T(t) > 0$ — відомі вагові матриці.

Введемо [3] інтегрально-квадратичний критерій оптимальності

$$I(u, f) = (Hx(T), x(T)) + \int_0^T ((G(t)x(t), x(t)) + (D(t)u(t), u(t))) dt, \quad (3)$$

де $H = H^T \geq 0$, $G(t) = G^T(t) \geq 0$, $D(t) = D^T(t) > 0$ — задані матриці і розглянемо задачу пошуку оптимального керування об'єктом (1).

Знайдемо оптимальне керування u^* , що задовільняє умову

$$J(u^*) = \inf_{u \in U} \left\{ \sup_{f \in S_f} I(u, f) \right\}, \quad (4)$$

де $I(u, f)$ — функціонал виду (3).

Мета статті. Визначення можливості застосування теорії оптимального робастного керування до синтезу працездатних (робастних) систем в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення означеної мети перетворимо спочатку множину допустимих збурень S_f .

Для цього нагадаємо, що будь-яка симетрична позитивно визначена матриця F допускає факторизацію виду $F = \Phi \Lambda \Phi^T$, де Φ — ортогональна матриця $\Phi^{-1} = \Phi^T$, яка складається з ортонормованих власних вектор-стовпців матриці F , $\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ — діагональна матриця власних значень $\lambda_i > 0$ матриці F . Якщо позначити $\Lambda^{1/2} = \text{diag}(\sqrt{\lambda_1}, \sqrt{\lambda_2}, \dots, \sqrt{\lambda_r})$, то матрицю F можна представити у вигляді $F = F^{1/2} \cdot F^{1/2}$, де $F^{1/2} = \Phi \Lambda^{1/2} \Phi^T$ ($F^{1/2} = (F^{1/2})^T$).

Введемо тепер множину $\Omega_{n,m}$ виду

$$\Omega_{n,m} = \left\{ \begin{pmatrix} a_0 \\ a(t) \end{pmatrix} : a_0 \in \mathbf{R}^n, a(t) \in L_2^m(0, T); a_0^T a_0 + \int_0^T a^T(t) a(t) dt < \infty \right\},$$

де

$$L_2^n(0, T) = \left\{ a : a = a(t) = (a_1(t), a_2(t), \dots, a_n(t))^T, a_i(t) \in L_2(0, T), i = 1, 2, \dots, n \right\}$$

і визначимо на ньому скалярний добуток норми

$$\langle a, b \rangle_{\Omega_{n,m}} = a_0^T b_0 + \int_0^T a^T(t) b(t) dt, \|a\|_{\Omega_{n,m}}^2 = \langle a, a \rangle_{\Omega_{n,m}} = a_0^T a_0 + \int_0^T a^T(t) a(t) dt,$$

де $a = \begin{pmatrix} a_0 \\ a(t) \end{pmatrix} \in \Omega_{n,m}$, $b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b(t) \end{pmatrix} \in \Omega_{n,m}$.

Якщо ввести позначення для вектора збурення

$$w_0 = F_0^{1/2} f_0, \quad w(t) = F^{1/2}(t) f(t), \quad (5)$$

то ліву частину нерівності, що задає обмеження (2), можна перетворити так

$$(F_0 f_0, f_0) + \int_0^T (F(t) f(t), f(t)) dt = (w_0, w_0) + \int_0^T (w(t), w(t)) dt = \langle w, w \rangle_{\Omega_{l,r}} = \|w\|_{\Omega_{l,r}}^2,$$

де $w = \begin{pmatrix} w_0 \\ w(t) \end{pmatrix} \in \Omega_{l,r}$. (6)

Таким чином, множину S_f еквівалентно перетворено на множину S_w ($S_f \leftrightarrow S_w$) виду

$$S_w = \left\{ w : w = (w_0, w(t)), \quad \|w\|_{\Omega_{l,r}} \leq 1 \right\}. \quad (7)$$

Якщо ввести позначення

$$v(t) = D^{1/2}(t) u(t), \quad B_v(t) = B(t) D^{-1/2}(t), \quad K_w(t) = K(t) F^{-1/2}(t), \quad L_w = L F_0^{-1/2}, \quad (8)$$

то система (1) запишеться так

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t) + B_v(t)v(t) + K_w(t)w(t), & 0 < t \leq T, \\ x(0) = L_w w_0, \end{cases} \quad (9)$$

а функціонал критерію (3) оптимальності матиме вигляд

$$\begin{aligned} I(u, f) &= (Hx(T), x(T)) + \int_0^T ((G(t)x(t), x(t)) + (D(t)u(t), u(t))) dt = \\ &= (H^{1/2}x(T), H^{1/2}x(T)) + \int_0^T ((G^{1/2}(t)x(t), G^{1/2}(t)x(t)) + (v(t), v(t))) dt = I(v, w), \end{aligned} \quad (10)$$

де v — вектор керувального діяння.

Очевидно, що функціонал $I(v, w)$ можна представити у вигляді

$$I(v, w) = \langle z, z \rangle_{\Omega_{n,n+m}} = \|z\|_{\Omega_{n,n+m}}^2, \quad (11)$$

де $z = \begin{pmatrix} H^{1/2}x(T) \\ G^{1/2}(t)x(t) \\ v(t) \end{pmatrix}$ — вектор контрольованих змінних (параметрів).

Оскільки система (9) лінійна, то існує лінійний передавальний оператор R_v , який залежить від обраної стратегії керування, що відображає вектор вхідних впливів $w \in \Omega_{l,r}$ на вектор контрольованих змінних z , т.т.

$$z = R_v(w), \quad w \in \Omega_{l,r}, \quad z \in \Omega_{n,n+m}. \quad (12)$$

Таким чином, функціонал (11) може бути записаний у вигляді

$$I(u, f) = I(v, w) = \|z\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 = \|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 \quad (13)$$

і отримуємо наступне формулювання задачі

$$\sup_{f \in S_f} I(u, f) = \sup_{w \in S_w} \|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 = \sup_{\|w\|_{\Omega_{l,r}}^2 \leq 1} \|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 = \sup_{w \in \Omega_{l,r}, w \neq 0} \frac{\|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2}{\|w\|_{\Omega_{l,r}}^2} = \|R_v\|_{\Omega}^2, \quad (14)$$

де $\|R_v\|_{\Omega}$ — норма передавального оператора R_v , породжена нормами просторів $\Omega_{n,m}$.

Врешті оптимізаційна задача (4) зводиться до еквівалентної оптимізаційної задачі виду

$$J(v) = \sup_{w \in S_w} I(v, w) = \|R_v\|_{\Omega}^2 \rightarrow \inf_{v \in V}. \quad (15)$$

Для її розв'язку знайдемо субоптимальне керування v , що задовольняє умову

$$\|R_v\|_{\Omega}^2 \leq \gamma^2, \quad (16)$$

де γ — деяке задане порогове значення.

Враховуючи, що

$$\sup_{w \in \Omega_{l,r}, w \neq 0} \frac{\|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2}{\|w\|_{\Omega_{l,r}}^2} = \|R_v\|_{\Omega}^2 \leq \gamma^2,$$

приходимо до еквівалентної нерівності

$$\frac{\|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2}{\|w\|_{\Omega_{l,r}}^2} \leq \gamma^2 \text{ або } \|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 - \gamma^2 \|w\|_{\Omega_{l,r}}^2 \leq 0 \text{ для всіх } w \in \Omega_{l,r}.$$

Введемо позначення

$$J_{\gamma}(v, w) = \|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 - \gamma^2 \|w\|_{\Omega_{l,r}}^2. \quad (17)$$

Оскільки нерівність $J_{\gamma}(v, w) \leq 0$ повинна виконуватися для всіх $w \in \Omega_{l,r}$, то має бути справедливою і нерівність

$$\sup_{w \in \Omega_{l,r}} J_{\gamma}(v, w) \leq 0. \quad (18)$$

Таким чином, якщо керування задовольняє нерівність (16), то воно задовольняє і нерівність (18) і навпаки. Враховуючи вид функціоналу $J_{\gamma}(v, w)$, і керування v будемо знаходити з умови

$$\inf_{v \in L_2^m(0,T)} \sup_{w \in \Omega_{l,r}} J_{\gamma}(v, w) \leq 0. \quad (19)$$

Керування v , яке є розв'язком останньої оптимізаційної задачі, будемо називати субоптимальним керуванням [4], параметризованим за параметром γ .

Для розв'язку задачі (19) можна використовувати теорію динамічних (диференціальних) ігор двох осіб з нульовою сумою і з ціною гри, яка визначається функціоналом

$$J_{\gamma}(v, w) = \|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 - \gamma^2 \|W\|_{\Omega_{l,r}}^2 = \|Z\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 - \gamma^2 \|W\|_{\Omega_{l,r}}^2. \quad (20)$$

Першим гравцем (v — гравець) виступає конструктор, який за допомогою відповідного вибору стратегії керування намагається мінімізувати свій програв при виборі стратегії. Конструктор використовує функціонал $J_{\gamma}(v, w)$ як міру «вартості», пов'язаної з вибором стратегії керування. Його метою є побудова регулятора v в формі (8), який мінімізує критерій $J_{\gamma}(v, w)$ при найбільш несприятливих вхідних впливах w . Це веде до гарантованої якості виконання верхнього значення динамічної гри

$$r(\gamma) = \inf_{v \in L_2^m(0, T)} \sup_{w \in \Omega_{l,r}} J_{\gamma}(v, w). \quad (21)$$

Далі, якщо позначити $r(\gamma^*) = \inf_{\gamma > 0} r(\gamma)$ або $\gamma^* = \arg \inf_{\gamma > 0} r(\gamma)$, то аналогічно з [5] можливо довести, що $(\gamma^*)^2 = \inf_{v \in V} \|R_v\|^2$ або $\gamma^* = \inf_{v \in V} \|R_v\|$, де $(\gamma^*)^2$ — мінімальне значення критерію (20) при найбільш несприятливих збуреннях $W \in \Omega_{l,r}$.

Враховуючи (12), перетворимо функціонал $J_{\gamma}(v, w)$

$$\begin{aligned} J_{\gamma}(v, w) &= \|R_v(w)\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 - \gamma^2 \|W\|_{\Omega_{l,r}}^2 = \|Z\|_{\Omega_{n,n+m}}^2 - \gamma^2 \|W\|_{\Omega_{l,r}}^2 = \\ &= (Hx(T), x(T)) + \int_0^T ((G(t)x(t), x(t)) + (v(t), v(t))) dt - \gamma^2 \left((w_0, w_0) + \int_0^T (w(t), w(t)) dt \right). \end{aligned} \quad (22)$$

Перед розв'язанням задачі $\inf_{v \in L_2^m(0, T)} \sup_{w \in \Omega_{l,r}} J_{\gamma}(v, w)$ зазначимо, що

$$\inf_{v \in L_2^m(0, T)} \sup_{w \in \Omega_{l,r}} J_{\gamma}(v, w) = \sup_{w_0 \in R^l} \left\{ \inf_{v \in L_2^m(0, T)} \sup_{w \in L_2^l(0, T)} J_{\gamma}(v, w) \right\}, \quad (23)$$

тому для розв'язання можливо використати мінімаксний принцип Понтрягіна, відповідно до якого побудована функцію Гамільтона виду

$$\begin{aligned} H(x, v, w, \lambda) &= (G(t)x(t), x(t)) + (v(t), v(t)) - \gamma^2 (w(t), w(t)) + \\ &+ \lambda^T(t) (A(t)x(t) + B_v(t)v(t) + K_w(t)w(t)), \end{aligned}$$

де x і λ задовольняють наступну систему сполучених рівнянь

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \nabla_x H(x, v, w, \lambda) = A(t)x(t) + B_v(t)v(t) + K_w(t)w(t), \\ \frac{d\lambda(t)}{dt} = -\nabla_{\lambda} H(x, v, w, \lambda) = -A^T(t)\lambda(t) - 2G(t)x(t), \end{cases}$$

з крайовими умовами

$$x(0) = L_w w_0, \quad \lambda(T) = \nabla_{x(T)} [(Hx(T), x(T))] = 2Hx(T).$$

Оптимальне значення $v(w)$ знайдеться за умови мінімізації (максимізації) функції $H(x, v, w, \lambda)$ за $v(w)$, тобто за умови

$$\nabla_v H(x, v, w, \lambda) = 2v(t) + B_v^T(t)\lambda(t) = 0, \quad \nabla_w H(x, v, w, \lambda) = -2\gamma^2 w(t) + K_w^T(t)\lambda(t) = 0.$$

Звідки знаходимо

$$v(t) = -\frac{1}{2} B_v^T(t)\lambda(t), \quad w(t) = \frac{1}{2\gamma^2} K_w^T(t)\lambda(t). \quad (24)$$

Враховуючи (24), сполучену систему перетворено так

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t) - \frac{1}{2} B_v(t)B_v^T(t)\lambda(t) + \frac{1}{2\gamma^2} K_w(t)K_w^T(t)\lambda(t), \\ \frac{d\lambda(t)}{dt} = -A^T(t)\lambda(t) - 2G(t)x(t), \end{cases} \quad (25)$$

$$x(0) = L_w w_0, \quad \lambda(T) = 2Hx(T). \quad (26)$$

Сполучену функцію $\lambda(t)$ цієї двоточної крайової задачі знайдемо у вигляді

$$\lambda(t) = 2P(t)x(t), \quad (27)$$

де $P(t)$ — шукана матриця.

Враховуючи сполучену систему (25), знайдемо похідну від функції (27) за часом t

$$\begin{aligned} \frac{d\lambda(t)}{dt} &= 2 \frac{dP(t)}{dt} x(t) + 2P(t) \frac{dx(t)}{dt} = 2 \frac{dP(t)}{dt} x(t) + \\ &+ 2P(t) \left(A(t)x(t) - \frac{1}{2} B_v(t)B_v^T(t)\lambda(t) + \frac{1}{2\gamma^2} K_w(t)K_w^T(t)\lambda(t) \right) = -2A^T(t)P(t)x(t) - 2G(t)x(t), \end{aligned}$$

звідки отримаємо

$$\begin{aligned} 2 \left(\frac{dP(t)}{dt} + P(t)A(t) - P(t)B_v(t)B_v^T(t)P(t) + \frac{1}{\gamma^2} P(t)K_w(t)K_w^T(t)P(t) + \right. \\ \left. + A^T(t)P(t) + G(t) \right) x(t) = 0. \end{aligned}$$

Враховуючи, що останнє рівняння має виконуватися для всіх $x(t)$, знайдемо

$$\frac{dP(t)}{dt} + P(t)A(t) - P(t)B_v(t)B_v^T(t)P(t) + \frac{1}{\gamma^2} P(t)K_w(t)K_w^T(t)P(t) + A^T(t)P(t) + G(t) = 0,$$

а з (26) і (27) знайдемо початкову умову для останнього рівняння $P(T) = H$.

Таким чином, отримане матричне диференціальне рівняння щодо матриці $P(t)$, зване рівнянням типу Ріккати

$$\begin{cases} \frac{dP(t)}{dt} = -A^T(t)P(t) - P(t)A(t) + P(t) \left(B_v(t)B_v^T(t) - \frac{1}{\gamma^2} K_w(t)K_w^T(t) \right) P(t) - G(t), \\ P(T) = H. \end{cases} \quad (28)$$

Враховуючи співвідношення (24) і (27), остаточно отримуємо оптимальні значення для функцій $v(t)$ і $w(t)$, які представимо так

$$v^*(t) = -B_v^T(t)P(t)x(t), \quad w^*(t) = \frac{1}{\gamma^2} K_w^T(t)P(t)x(t). \quad (29)$$

Саме вирази функцій керування (29) є тим підґрунтям, на якому базується практична програмна реалізація знайденого оптимального керування будь-яким лінійним об'єктом, що працює в умовах невизначеності, при застосуванні, наприклад, комп'ютера в якості регулятора.

Значення функціоналу $J_\gamma(v^*, w^*)$, проминаючи проміжні викладки, може мати [6] кінцевий вигляд

$$J_\gamma(v^*, w^*) = w_0^T (L_w^T P(0) L_w - \gamma^2 E) w_0.$$

Тоді, враховуючи співвідношення (23), можна отримати

$$\begin{aligned} \inf_{v \in L_2^m(0,T)} \sup_{w \in \Omega_{l,r}} J_\gamma(v, w) &= \sup_{w_0 \in R^l} \left\{ \inf_{v \in L_2^m(0,T)} \sup_{w \in L_2^l(0,T)} J_\gamma(v, w) \right\} = \sup_{w_0 \in R^l} \{ J_\gamma(v^*, w^*) \} = \\ &= \sup_{w_0 \in R^l} \{ w_0^T (L_w^T P(0) L_w - \gamma^2 E) w_0 \}. \end{aligned} \quad (30)$$

Оскільки шукане керування повинно задовольняти умову

$$\inf_{v \in L_2^m(0,T)} \sup_{w \in \Omega_{l,r}} J_\gamma(v, w) \leq 0, \quad (31)$$

то з (30) маємо $\sup_{w_0 \in R^l} \{ w_0^T (L_w^T P(0) L_w - \gamma^2 E) w_0 \} \leq 0$. Ця нерівність справедлива тільки при виконанні умови

$$L_w^T P(0) L_w - \gamma^2 E \leq 0, \quad (32)$$

тобто матриця $L_w^T P(0) L_w - \gamma^2 E$ повинна бути від'ємно визначеною. В іншому випадку, як нескладно показати $\sup_{w_0 \in R^l} \{ w_0^T (L_w^T P(0) L_w - \gamma^2 E) w_0 \} = \infty$, що суперечить умові (18). Відзначимо

також, що при виконанні умови (32) $\sup_{w_0 \in R^l} \{ w_0^T (L_w^T P(0) L_w - \gamma^2 E) w_0 \} = 0$, що досягається при значенні $w_0^* = 0$.

Висновок. У даній роботі запропонований розв'язок задачі побудови оптимального робастного керування лінійною системою, що знаходиться під впливом збурень невідомої природи, які проте належать до обмеженої області у вигляді заданого еліпсоїда. Отримано однопараметричне сімейство мінімаксних регуляторів, при яких заданий критерій не перевищує деякого граничного значення, що забезпечує їхню робастність. Оптимальне робастне керування знаходиться шляхом пошуку мінімально допустимого порогового значення функціоналу критерію за допомогою чисельних ітераційних методів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко, Б.М. Алгоритм синтезу оптимальних робастних регуляторів / Б.М. Гончаренко, Л.Г. Віхрова // Збірник наук. Праць Кіровоградського нац. техн. універс. Техніка в сільськогосп-му виробн-ві, галузеве машб-уд-ня, автоматизація. — 2014. — Вип 27. — С. 292—298.

2. Понтрягин, Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко, — М.: Наука, 1961. — 124—125 с.

3. Гончаренко, Б.М. Аналітичне подання збурень при розв'язуванні задачі оптимізації керування багатовимірним об'єктом [Текст] / Б.М. Гончаренко, А.О.Повзик // Журнал «Наукові праці НУХТ». №.49. — К.: НУХТ. 2013, с. 8—13

4. Киселев, О.Н. Синтез регуляторов низкого порядка по критерию H_∞ и по критерию максимальной робастности / О.Н. Киселев, Б.Т. Поляк // Автом. телемех — М.: МГТУ, 1999 — Вып.3 — 113—115 с.

5. Шайхет, Л.Е. Устойчивость по вероятности нелинейных стохастических систем с запаздыванием / Л.Е. Шайхет // Математические заметки. 1995. Т. 57, Вып.1. — 142—146 с.

6. Афанасьев, В.Н. Аналитическое конструирование детерминированных непрерывных систем управления : учеб. пособие / В.Н. Афанасьев — М.: МГИЭМ, 2003 — 88—89 с.

ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Б.Н. Гончаренко, А.П. Лобок

Национальный университет пищевых технологий

Оптимальное робастное управление ищется в виде обратной связи от состояния линейной динамической системы, которая минимизирует интегрально-квадратичный функционал при наиболее неблагоприятных возмущениях системы. Получено однопараметрическое семейство минимаксных регуляторов, для которых заданный критерий не превышает некоторого граничного значения. Оптимальное минимаксное управление находится путём поиска минимально допустимого порогового значения функционала при помощи числовых итерационных методов.

Ключевые слова: оптимизационная задача, робастность, синтез робастного регулятора, уравнение Риккати, функция Гамильтона, соединённая система, критериальная задача.

THE SYSTEM SOLUTION OF PROBLEMS OF THE REACTIVE POWER COMPENSATION AT THE ENTERPRISES OF THE FOOD INDUSTRY

V.Ye. Shesterenko, O.A. Mashchenko, O.V. Dan'ko

National University of Food Technologies

Key words:

reactive power,
power supply system,
systematic approach,
the control system,
compensation.

Article history:

Received 30.05.2014
Received in revised form
10.06.2014
Accepted 3.11.2014

Corresponding author:

tmpt_xp@ukr.net

ABSTRACT

The paper considers ways to improve effectiveness of reactive power compensation at food enterprises by applying the two-level system of reactive power sources control. The proposed systematic approach to compensation allows improving the economic performance of all reactive power sources significantly. The system of complex compensation provides a shift in the emphasis of reactive power sources capacity management: from decentralizing to ensuring the system commitment in solving problem. System takes into consideration the requirements of power supply system at the interface of power supply systems and consumers' ones, and simultaneously considers power regulation of high-voltage capacity units, batteries for voltage lower than 1000 V, the level of reactive power, which is produced by synchronous engines. Recommendations on the system implementation in the industry are stated.

СИСТЕМНЕ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

В.Є. Шестеренко, канд. техн. наук

О.А. Мащенко, О.В. Данько

Національний університет харчових технологій

В статті розглянуто шляхи підвищення ефективності компенсації реактивної потужності на харчових підприємствах шляхом застосування дворівневої системи керування джерелами реактивної потужності. Запропонований системний підхід до компенсації дозволяє суттєво підвищити економічні показники всіх джерел реактивної потужності. Система комплексної компенсації забезпечує зміну в акцентах керування потужностями джерел реактивної потужності від децентралізації до забезпечення системної цілеспрямованості вирішення проблеми. Подані рекомендації по впровадженню системи на промислових підприємствах.

Ключові слова: реактивна потужність, система електропостачання, системний підхід, система керування, компенсація.

Вступ. Більшість підприємств харчової промисловості характеризуються компактністю, мають централізовану систему електропостачання, лише цукрові заводи — комбіновану. Електроприймачі на цих заводах відносяться до другої категорії надійності. Крім того, основне виробництво заводів займає невелику територію (за винятком насосних станцій). Вони мають мережу живлення напругою 35...10 кВ, високовольтну розподільчу мережу — напругою 6...10 кВ. Потужність трансформаторів на таких заводах перевищує, як правило, 750 кВ·А, а тому на них обов'язково необхідно передбачити компенсацію реактивної потужності.

Для живлення підприємств використовують радіальну ЛЕП напругою 10...35 кВ, в містах їх підключають до магістральних кільцевих мереж. При компенсації реактивної потужності найбільшого поширення дістали конденсатори. Невелика маса, відсутність частин, що обертаються, незначні втрати енергії, простота обслуговування, безпечність і надійність в експлуатації дозволяють використовувати конденсатори для компенсації реактивної потужності на всіх ступенях системи електропостачання [1—5]. Використання синхронних двигунів для компенсації дозволяє зменшити кількість інших компенсуючих пристроїв.

Матеріали і методи. Застосування конденсаторних установок (КУ) напругою 6...10 кВ [1—5] на підприємствах харчової промисловості, що мають невелику потужність і різні характеристики системи електропостачання, призводить до завантаження мережі підприємства реактивною потужністю та до збільшення втрат енергії. При цьому, як правило, економічний ефект від компенсації буде тільки в мережах енергосистеми, а не підприємства.

Більше того, енергосистема може застосовувати штрафні санкції до підприємства, оскільки маючи тільки високовольтні КУ досить великої потужності, часто без регулювання потужності, підприємство не зможе витримати задані енергосистемою величини реактивних потужностей в режимах максимуму та мінімуму. Так цукрові заводи працюють біля трьох місяців на рік, але число годин використання максимуму досягає 2500 годин, а коефіцієнт форми графіка близький до одиниці. М'ясокомбінати мають систему електропостачання, що відповідає вимогам першої категорії надійності, оскільки сировина та продукція на них мають високу вартість і при аварійному відключенні спостерігатимуться суттєві збитки.

Молокозаводи працюють протягом року, але мають графік навантаження, що характеризується великою неоднорідністю і незначним числом годин використання максимуму. Мають специфічні графіки навантаження хлібокомбінати, комбінати хлібопродуктів, пивзаводи, тощо. Критерієм раціонального вирішення задачі компенсації реактивної потужності є мінімум приведених витрат. Вони складаються з витрат на компенсуючі, регулюючі та супутні пристрої, з витрат на регулювання реактивної потужності та передачу її по елементах мережі. Ці витрати включають складові, що не залежать від величини реактивної потужності, а тому була розроблена методика визначення потужності компенсуючих пристроїв, що не потребує врахування абсолютних значень вартості елементів системи електропостачання [2, 3].

Результати і обговорення. Енергопостачальна організація задає режим роботи компенсуючих пристроїв підприємства. Потужність нерегульованих конденсаторних батарей приймається за найменшим реактивним навантаженням мережі. Як правило, слід застосовувати багатоступеневе регулювання.

Регулювання по реактивній потужності є ідеальним методом з багатьох точок зору. Регулятор вмикається у вузлі живлення мережі. Конденсаторна установка може бути багатосекційною, а регулювання вестись з достатньою точністю згідно графіка реактивного навантаження. Регулювання по часу доби — простий та ефективний спосіб регулювання. Сигнал для комутації секцій КУ посилає таймер з відповідною програмою. Програма розробляється на основі ретроспективного аналізу графіків навантаження. Якщо реальний графік буде відрізнятися від розробленої моделі, метод може дати значні похибки в регулюванні [1, 2].

Ступінчасто-регульоване джерело реактивної потужності (ДРП) являє собою конденсаторну установку, що складається з певної кількості конденсаторів, підімкнених до загальних шин через контактори чи напівпровідникові ключі (зустрічно-паралельно ввімкнені тиристори).

Основний принцип плавного регулювання закладений у зміні кута провідності чи часу, протягом якого тиристор залишається відкритим і пропускає струм. При зменшенні кута провідності зменшується ефективно значення першої гармоніки струму, що тече через конденсатор, а отже й потужність, яку віддає КУ у мережу. Зміна кута провідності тиристорів у колі з КУ не можна здійснювати зміною кута керування, тобто зміною моменту їх відкриття. Таке регулювання, як відомо, супроводжується значними кидками вільного струму і практично ніякого ефекту регулювання на дає [1, 5]. Плавне регулювання КУ, обладнаної тиристорним вимикачем, досягається шляхом штучного вимкнення тиристорів. Умови вимкнення тиристора утворюються тоді, коли напруга стає від'ємною чи потенціал катода перевищує потенціал анода. Для виконання вказаного співвідношення потенціалів служить спеціальний пристрій — джерело імпульсів струму для примусового закривання тиристорів.

Перераховані характеристики розглянутого вище ДРП пов'язані між собою і залежать від параметрів мережі, в яку ДРП ввімкнені. Так, розширення діапазону регулювання спричинює погіршення гармонічного складу струму ДРП. До подібного ефекту приводить

зростання співвідношення між установленою потужністю ДРП і потужністю короткого замикання в точці його установки, що може сприяти виникненню резонансних явищ. Для плавного способу регулювання існує практично доцільний обмежений діапазон, який має за потужністю верхню та нижню межу [2, 3, 5].

Комбіноване регулювання конденсаторних батарей ґрунтується на поєднанні двох способів регулювання — ступінчастому та плавному. Таке поєднання дозволяє використовувати їхні найкращі якості й діставати нові вищі характеристики регульованого статичного джерела реактивної потужності [3, 5]. В основу принципу покладено поєднання кількох ступенів КУ, керованих тиристорами, зі ступенем, в межах якого реактивна потужність змінюється плавно. Спосіб плавної зміни реактивної потужності може бути різним, або це КУ, що вмикається тиристорним вимикачем і вимикається за допомогою спеціального джерела керованих імпульсів струму, або це постійно ввімкнена КУ, потужність якої дорівнює одиничній потужності ступеня, паралельно якій ввімкнений такої самої потужності керований тиристорами реактор. Таке вмикання дозволяє плавно набирати потужність від нуля до границі, що дорівнює потужності ступеня, а потім за допомогою відповідної системи керування та синхронізації вводити перший ступінь, у той самий час знижуючи до нуля потужність плавно регульованого ступеня. У проміжку між ступенями потужність статичного компенсатора дорівнює потужності нижчих ступенів і потужності плавно регульованого ступеня. Так само здійснюється і зниження потужності. У разі форсування вмикаються усі ступені й плавно регульований ступінь на своє максимальне значення. Якщо необхідний повний скид потужності, що видається, система керування та синхронізації вимикає як ступінь статичного компенсатора, так і плавно регульовану секцію [1,5].

Треба зазначити, що завдяки такому принципу керування статичний ДРП з комбінованим регулюванням має таку саму швидкодію, як і плавний і ступінчастий ДРП, але на відміну від ступінчастого ДРП, дозволяє регулювати реактивну потужність плавно, а на відміну від плавно регульованого ДРП не викликає у мережі значних спотворень форми кривої напруги. Серед недоліків такого способу регулювання можна зазначити необхідність застосування старанно настроєної системи керування та синхронізації [1, 4].

У сучасних схемах застосовують способи розподілення компенсуючих пристроїв по вузлах мережі: пропорційно реактивним навантаженням вузлів, за мінімумом зведених витрат, за мінімумом втрат енергії [1, 2, 3]:

Для вибору КУ необхідно мінімізувати функцію

$$f = \sum_{i=1}^n r_i \left[\sum_{j=1}^i (Q_i - Q_{Kv_j}) \right]^2 + \sum_{j=1}^i \sum_{e=1}^i K_{je}, \quad (1)$$

де Q_j — математичне очікування реактивної потужності навантаження в j — му вузлі навантаження, K_{je} — кореляційний момент випадкових величин $Q_j(t)$ та $Q_e(t)$.

Місцеве регулювання з допомогою індивідуальних регуляторів дозволяє до мінімуму знизити втрати енергії у мережах споживача, що викликані перетоками реактивної потужності. Проте такий вид регулювання не дозволяє врахувати режим роботи енергосистеми, і конденсаторні установки споживача можуть бути вимкнені в періоди нестачі реактивної потужності в енергосистемі.

На централізоване регулювання, що виконується увімкненням конденсаторних установок до системи керування енергосистеми, у даний час покладаються великі надії. Але ця система потребує значної кількості датчиків і каналів зв'язку, що є складною задачею. Крім того, централізоване регулювання враховує, в основному, інтереси енергосистеми й може призвести до завищення втрат енергії у мережах окремих споживачів [1, 2].

Критерієм оптимальності при оперативному керуванні компенсацією є мінімум втрат електроенергії. Суттєвим резервом підвищення ефективності може бути система комплексної компенсації реактивної потужності, що створена на базі сучасних технічних та обчислювальних засобів [2, 3]. Система дозволяє змінити акценти в керуванні потужностями компенсуючих пристроїв від децентралізації до забезпечення системної цілеспрямованості вирішення проблеми, що концептуально пов'язана з оптимізацією режиму електроспоживання на промисловому підприємстві.

Система комплексної компенсації реактивної потужності передбачає облік вимог енергосистеми на межі розділу енергопостачальних та мереж споживачів і одночасно регулювання потужності високовольних конденсаторних установок, батарей на напругу

нижче 1000 В, рівня реактивної потужності, що видається синхронними двигунами. Для підвищення коефіцієнта потужності застосовані конденсаторні установки. За допомогою регуляторів реактивної потужності змінюють реактивну потужність конденсаторних батарей, компенсуючих пристроїв (або синхронних двигунів) [1, 2, 3].

Для мінімізації втрат і точнішого виконання вимог енергосистеми відносно реактивної потужності сигнал, що надходить на регулятори у лініях мережі, зростає швидше у часі. При цьому відбувається перемикання малопотужних конденсаторних установок, що викличе зміни коефіцієнта потужності. Якщо новий коефіцієнт відповідає вимогам енергосистеми щодо величини споживаної реактивної потужності, напруга на виході задавального регулятора падає до нуля і сигнали також зменшуються.

Коли перемикаць у лініях недостатньо, через певний час сигнал сягне рівня, який викличе перемикання ступеня конденсаторної установки на головній ділянці (або зміни режиму роботи синхронних двигунів). Після такого перемикання можливі комутації малопотужних установок у лініях мережі для точнішої підтримки потрібного значення реактивної потужності. Якщо сигнал відповідає вимозі підімкнути додаткову секцію батареї, а $\text{tg}\varphi$ у лінії близький до нуля, підімкнення не відбудеться. Додаткові секції підімкнуться лише у тих лініях, де власна реактивна потужність скомпенсована не повністю. Таким чином, у лініях мережі підтримуватиметься коефіцієнт потужності, близький до оптимального. І тільки тоді, коли вся потужність конденсаторної установки на головній ділянці буде використана, можливе зростання сигналу до такого рівня, що конденсаторні установки у лініях перемикатимуться незалежно від сигналу місцевих здавачів [2, 3].

Суттєвою перевагою дворівневого способу регулювання потужності джерел реактивної потужності є комплексність керування потоками реактивної потужності та одночасність регулювання всіх джерел реактивної потужності підприємства. Проте на відміну від дистанційного регулювання, де за сигналом з диспетчерського пункту здійснюється перемикання незалежно від $\text{tg}\varphi$ у вітці, даний спосіб пропонує враховувати рівні двох сигналів — від місцевого давача і від задавального регулятора. Перемикання секцій конденсаторних батарей відбувається вибірково, в окремих вітках і тільки за певних рівнів сигналів. Споживання реактивної потужності протягом доби нерівномірне. Режим роботи всіх джерел реактивної потужності повинен відповідати графіку споживання реактивної потужності. Найменші питомі втрати мають конденсаторні батареї напругою вище 1000 В. Найбільші — синхронні двигуни невеликої потужності. Чим менші втрати в компенсуючих пристроях, тим вигідніше використовувати їх в тривалому режимі роботи і навпаки, компенсуючі пристрої з більшими втратами варто підключати короткочасно. Наприклад, для покриття реактивних навантажень в години максимуму енергосистеми, а також для покриття піків графіка [2, 3, 5].

Таким чином, в тривалому, базовому, режимі варто використовувати високовольтні компенсуючі пристрої. Регульовані компенсуючі пристрої напругою 0,4 кВ та синхронні двигуни з низькими втратами (великої потужності, швидкохідні) для покриття основного графіка, синхронні двигуни з високими питомими втратами тільки для компенсації короткочасних піків графіка.

Впровадження системи комплексної компенсації реактивної потужності на харчових підприємствах дозволяє знизити плату за споживання реактивної енергії на 92 %, зменшити втрати активної потужності на 14 % і суттєво поліпшити якість напруги.

Висновки. 1. Системам компенсації реактивної потужності підприємств притаманна ієрархічна структура та висока складність. Критерієм оптимальності при оперативному керуванні компенсацією є мінімум втрат електроенергії.

2. Суттєвим резервом підвищення ефективності може бути система комплексної компенсації реактивної потужності, що створена на базі сучасних технічних та обчислювальних засобів. Система дозволяє змінити акценти в керуванні потужностями КУ від децентралізації до забезпечення системної цілеспрямованості вирішення проблеми, що концептуально пов'язана з оптимізацією режиму електроспоживання на промисловому підприємстві.

3. Система комплексної компенсації дозволяє підтримувати потоки реактивної потужності в елементах системи електропостачання на оптимальному рівні, з максимальним ефектом використовувати встановлені джерела реактивної потужності, оскільки не допускається вимкнення КУ в періоди дефіциту реактивної потужності у вузлі мережі.

4. Аналіз режимів роботи систем електропостачання цукрових заводів, виконаний авторами, показав, що діапазон регулювання КУ на ТП, які працюють тільки у виробничий

період і відключаються в ремонтний період, не перевищує 25—30 % розрахункової потужності КУ. Завдяки цим дослідженням можна суттєво знизити вартість КУ, комплектуючи конденсаторну установку з нерегульованої частини та регульованої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шестеренко, В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підруч. // В.Є. Шестеренко. — Вінниця: Нова Книга, 2011. — 656 с
2. Шестеренко, В.Є. Оптимізація систем електроспоживання промислових підприємств: Монографія / В.Є. Шестеренко — К.: ЧП «Глана», 2001. — 214 с.
3. Shesterenko, V. Reactive power compensation in the combined system of sugar refinery electricity / V. Shesterenko, I. Sydoruk, // Ukrainian food journal. — 2013. — Volume 2, Issue 1. — P. 116—122
4. Патент України № 34943, H02J 3/12. — Спосіб підключення конденсаторів індивідуальної компенсації реактивної потужності асинхронного двигуна — // Шестеренко В.Є., Сірий О.М., Балюта С.М., Машенко О.А. — Опубл. 26.08.2008. Бюл. № 16.
5. Шестеренко, В.Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування // В.Є. Шестеренко, О.В. Шестеренко. — Київ: 2013. — 424 с.
6. Shesterenko, V. Research of the features of reactive power compensation in the combined system of food industry // V. Shesterenko, I. Sydoruk, Ukrainian Journal of Food Science. — 2013. — Volume 1, Issue 1, — P. 89—95.

СИСТЕМНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.Е. Шестеренко, О.А. Машенко, О.В. Данько

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены пути повышения эффективности компенсации реактивной мощности на пищевых предприятиях путем применения двухуровневой системы управления источниками реактивной мощности. Предложенный системный подход к компенсации позволяет существенно повысить экономические показатели всех источников реактивной мощности. Система комплексной компенсации обеспечивает изменение в акцентах управления мощностями источников реактивной мощности от децентрализации к обеспечению системной целенаправленности решения проблемы. Даны рекомендации по внедрению системы на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: реактивная мощность, система электроснабжения, системный подход, система управления, компенсация.

УДК 633.002.68:620.9

IMPACT OF AN INPUT TO THE PROCESS OF OBTAINING FUEL GAS GENERATOR

A. Osmak, A. Seregin, S. Blazhenko

National University of Food Technologies

Key words:

plant biomass,
wood waste,
sunflower husks,
bioenergy technologies,
calorific value,
producer gas

Article history:

Received 13.11.2014
Received in revised form
15.11.2014
Accepted 19.11.2014

Corresponding author:

ingmex@ukr.net

ABSTRACT

Proved prospects of using biomass as a fuel due to the wide implementation of bioenergy technologies. Shows the feasibility of the gasification process raw materials of organic origin. The dependence of the duration of inciting biomass from ambient temperature. Change of calorific gas generator from moisture input materials. Studies have shown that the gas generator working steadily on raw humidity 20...30%. Stuck fuel in the mine was not observed. The heat of combustion of the resulting gas generator meet the standard size and ranged from 3.6 ... 4.94 MJ/m³. The maximum heat output achieved when using a gas generator for waste wood (pine) 20% humidity was 100 kW. Studies have shown that the minimum installed capacity of 40 kW gasifier is limited. Past studies to establish the concentration dependence of the resin in the gas generator of the moisture content of organic material.

ВПЛИВ ЯКОСТІ ВХІДНОГО ПАЛИВА НА ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ

О.О. Осьмак, асист., О.О. Серьогін, д-р техн. наук

С.І. Блаженко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Доведено перспективність використання рослинної біомаси як палива за рахунок широкого впровадження біоенергетичних технологій. Наведено доцільність проведення процесу газифікації сировини органічного походження.

Встановлено залежність тривалості розпалювання рослинної біомаси від температури навколишнього середовища. Досліджено зміну теплотворної здатності генераторного газу від вологості вхідної сировини. Проведені дослідження щодо встановлення залежності концентрації смоли в генераторному газі від масової частки вологи органічної сировини.

Ключові слова: рослинна біомаса, відходи деревини, лушпиння соняшника, біоенергетичні технології, теплотворна здатність, генераторний газ.

Вступ. У нашій країні технології використання біомаси як палива тільки починають розвиватися. Впровадження біоенергетичних технологій має хороші перспективи розвитку в найближчому майбутньому, особливо зважаючи на тенденцію стрімкого підвищення вартості традиційних енергоносіїв.

Україна має значні біоресурси, у тому числі у вигляді біовідходів переробки харчової сировини, які можуть бути використані як альтернативні або додаткові види палива. На сьогодні споживання біомаси обмежується переважно деревиною та відходами деревопереробної галузі: близько 1 млн. т умовного палива (у.п.) на рік використовується для опалення приватних будинків, а також на підприємствах лісової і деревообробної галузей країни [2, 4, 5].

Як показують дослідження, за рахунок диверсифікації джерел первісних палив енергетика країни може очікувати заміщення близько 10 млн. т. у.п. на рік, що, безперечно, є позитивним фактором у забезпеченні енергетичної незалежності країни. Беззаперечним є також той факт, що залучення біоресурсів у паливний баланс країни сприятиме поліпшенню навколишнього середовища, оскільки внаслідок спалювання біомаси, як безпосередньо, так і у різноманітних модифікаціях із вугільно-біомасових сумішей, екологічні показники процесів термічної переробки сировини в якій присутня біомаса значно кращі за традиційних [3, 6].

На думку авторів, починати процес широкого впровадження біоенергетичних технологій потрібно з введення в дію сучасних котлів-газогенераторів для термохімічної переробки відновлюваної сировини органічного походження. Всі інші технології виробництва енергії з біомаси (біогаз, рідкі палива, енергетичні культури) є не менш важливими і пріоритетними, але на даному етапі розвитку технологій в нашій країні не здатні швидко замінити традиційні види палив для виробництва теплової енергії з найбільш низькими інвестиційними витратами і найкоротшим терміном окупності проектів.

В основі процесу газифікації органічної сировини лежить хімічна сполука відновника (вуглецю і водню) за окислювачем (киснем). Процес газифікації проходить в умовах дефіциту кисню, при цьому повного окислення палива не відбувається [1]. За температури вище 800 °С в умовах дефіциту кисню, біля 80...85 % маси органічної сировини переходить в газоподібний стан. Підтримка температури, необхідної для проходження процесу відбувається за рахунок згорання вуглецевого залишку. Основними горючими складовими генераторного газу, що утворюється є H_2 і CO [1].

Газифікація біомаси дозволяє застосувати для вироблення електричної енергії замість паросилового циклу більш ефективний в термодинамічному відношенні дизельний цикл (для установок електричною потужністю нижче 1,5 МВт), газотурбінний і комбінований парогазовий цикли (для установок електричною потужністю більше 1,5 МВт) [1]. Головна перевага термохімічної газифікації палива перед його прямим спалюванням полягає у можливості використання більш економичних термодинамічних циклів при виробленні електроенергії і менш жорстких вимогах до підготовки палива.

Метою роботи є визначення якості вхідного палива для одержання генераторного газу, що забезпечить надійність і стабільність характеристик тривалої експлуатації газогенератора.

Матеріали і методи. У лабораторних умовах досліджували придатність різних видів рослинної біомаси з метою подальшої термохімічної конверсії для отримання альтернативного виду палива.

Вологість палива визначалася за ГОСТ 27314—91. Теплота згорання визначалася за ГОСТ 147—95.

Результати досліджень. На основі наукових розробок колективу кафедри теоретичної механіки та ресурсощадних технологій Національного університету харчових технологій підготовлений комплект конструкторської документації за яким був виготовлений дослідний зразок газогенераційного енергетичного комплексу ГЕКА-3 (рисунок 1).

На базі підприємства УФ «ЦУКОРЕНЕРГОСЕРВІС» АК «Сатер», с. Устимівка, Васильківського р-н., Київської обл. спільно з співробітниками НУХТ проведені попередні та приймальні випробування дослідного зразка ГЕКА-3.

Основні параметри і розміри газогенераційного енергетичного комплексу повинні відповідати даним наведеним в таблиці 1.

Під час проведення дослідів у якості палива використовували рослинну біомасу: лущиння соняшника та відходи деревини (стружка) хвойних порід (сосна) вологістю від 20 до 45 %. Розмір шматків палива коливався в межах: 3...7 мм для лущиння соняшнику, 10...50 мм — для відходів деревини.

Розпалювання газогенератора — «факельне», здійснюється через спеціальний отвір в нижній частині корпусу. Місткість бункера газогенератора становила близько 40 кг при



Рис. 1. Дослідний зразок газогенераційного енергетичного комплексу ГЕКА-3

вологості палива до 20 %. Тривалість розпалювання істотно залежала від температури навколишнього середовища (рис. 2) і становила близько 25 хв. при температурі вище 0 °С і близько 40 хв. при температурі нижче 0 °С. Також при вологості палива 40 %, процес розпалювання (час до загоряння одержуваного генераторного газу) істотно подовжувався (приблизно на 20 хвилин). Це дозволяє припустити, що відбувався процес підсушування палива з одночасним видаленням надлишкової вологи.

Таблиця 1. Технічні характеристики ГЕКА-3

Найменування параметра	Розм.	Вид палива	
		відходи деревини — технологічна щепи	Відходи с/г (лузга)
Теплова потужність ГЕКА-3	кВт	40...100	40...100
Теплотворна здатність газу	ккал	1290	1205
Теплотворна здатність палива	ккал/кг	3774	3528
Температура газу на виході з газогенератора	°С	490...520	489...512
Температура газу на виході з фільтра тонкої очистки	°С	52	54
Температура навколишнього повітря	°С	15	14
Витрата палива	кг/год.	27	32
Вологість палива	%	25	28
Витрата газу на виході з фільтра тонкої очистки	м ³ /год.	72	86
Витрата газу з 1 кг палива	м ³ /кг	2,7	2,7
Витрата повітря	м ³ /год.	46	45,7
Тиск газу на виході з газогенератора	кПа	25	24
Атмосферний тиск	мм.рт.ст	770	768
Час виходу на робочий режим	с	24	28
Габаритні розміри	мм	2550x1610x2000	
Маса комплексу	кг	832	
Коефіцієнт корисної дії газогенератора	%	72	73

Наприкінці стадії розпалу проводився контроль якості генераторного газу. При стійкому горінні газу «факел» перекидали і переходили на режим роботи газогенератора на паливник котла. Загальний час роботи газогенератора склав близько 100 годин.

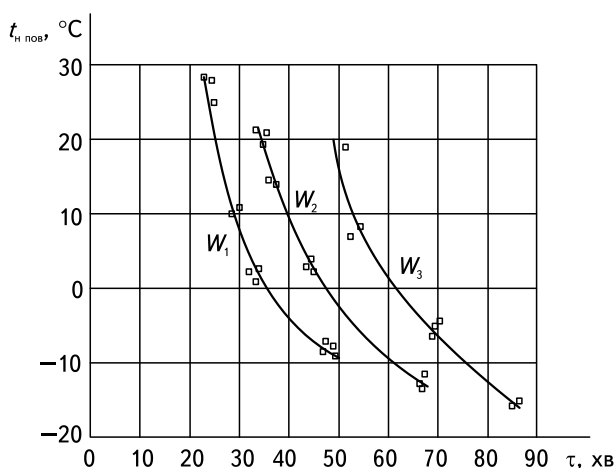


Рис. 2. Графік залежності тривалості розпалювання від температури зовнішнього повітря W_1 — 20...25 %, W_2 — 30...35 %, W_3 — 40...45 %

Під час роботи, на «факел» чи на паливник котла, газогенератор завжди знаходився під тиском від 0,5 до 1,0 кПа. Газова магістраль також перебувала під надлишковим тиском. Температура газу в магістралі падала з 52...54 °С на виході з газогенератора до 35...50 °С на вході в паливник котла. Основна втрата температури синтез-газу на виході з газогенератора

(до 500 °С) відбувалася в теплообміннику, що входить до складу газогенераційної установки. В ньому кількість води регулювалася таким чином, щоб температура газу на вході в скруббер становила 50×70 °С. У скруббері падіння температури становило близько 10×20 °С.

Основне зниження тиску, близько 0,9 кПа, припадає на газогенератор і циклон. Перепад тиску на теплообміннику і скруббері становить відповідно 40...70 і 50...80 Па. При цьому зі збільшенням часу експлуатації перепад тиску практично не змінювався (рис. 3).

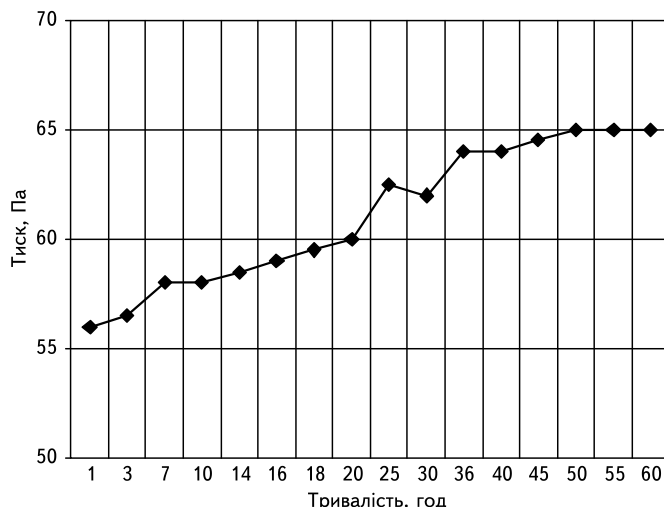


Рис. 3. Графік залежності збільшення перепаду тиску на теплообміннику і скруббері від тривалості роботи установки

Стійкі дані по витраті газу, що йде на паливник котла, вдалося отримати тільки після введення в газову магістраль ресивера, що згладжує коливання тиску газу.

Під час проведення досліджень було встановлено, що газогенератор стабільно працює на сировині вологістю 20...30 %. Зависання палива в шахті не спостерігалось. Синтез-газ, що утворився мав склад типовий для генераторних газів, одержуваних при так званому «оберненому» процесі. Теплота згоряння отриманого генераторного газу також відповідала стандартній величині і коливалася в межах 3,6...4,94 МДж/м³. Теплота згоряння газу залежала від вихідної вологості палива (рис. 4.).

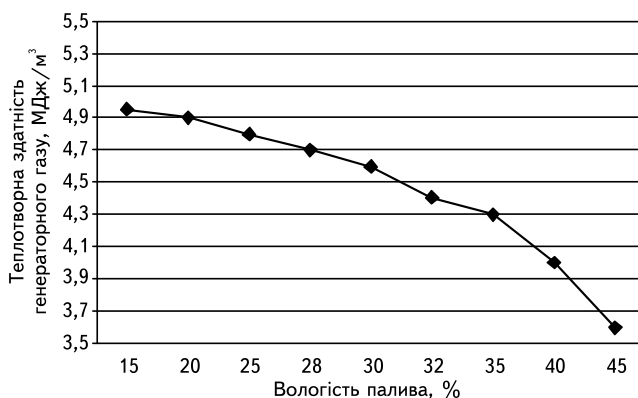
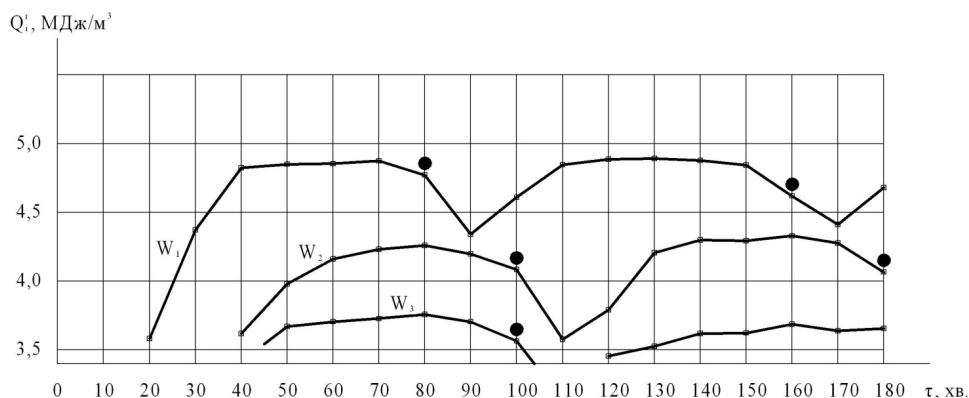
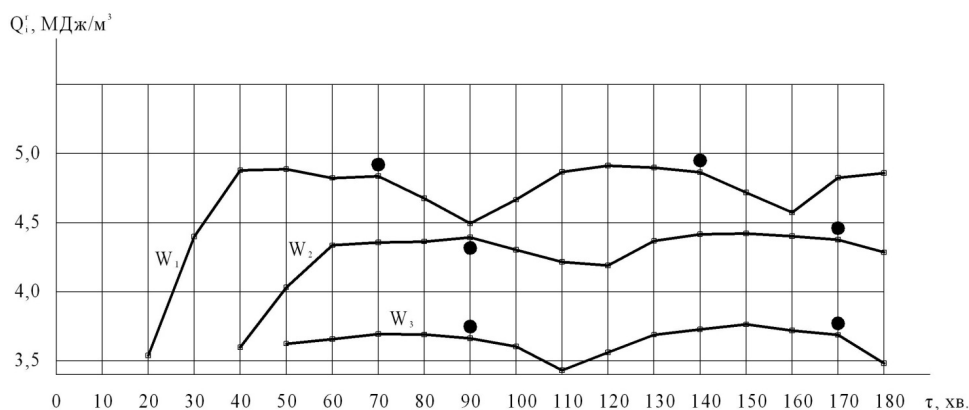


Рис. 4. Графік залежності теплотворної здатності генераторного газу від вологості вихідного палива

Однієї порції завантаження бункера вистачало на 24 години роботи газогенератора при номінальному режимі (теплова потужність 80 кВт). Варіювання часу спричинено тим, що дозавантаження бункера паливом може проводитися при різній висоті залишкового шару палива в газогенераторі (рис. 5.). Завантаження через 2 години роботи пов'язане з небезпекою викиду полум'я при відкритій верхній кришці газогенератора, хоча при здійсненні дозавантаження палива, подача повітря на дуття припинялася.



а



б

Рис. 5. Графік залежності теплотворної здатності генераторного газу від періодичності завантаження паливом:

а — лушпиння соняшнику, б — відходи деревини. W_1 — 20-25 %, W_2 — 30-35 %, W_3 — 40-45 % — відносна вологість вихідного палива, • — завантаження палива

Максимальна теплова потужність, досягнута при роботі газогенератора, склала 100 кВт при роботі на відходах деревини (сосна) вологістю 20 %. Співвідношення газ/повітря при роботі на деревині дорівнювало 1,4...1,6 м³ газу/м³ повітря, що узгоджується з літературними даними [3, 6].

Для оцінки якості очищення генераторного газу в скрубєрі були проведені вимірювання вмісту смол і пилоподібних частинок в генераторному газі на вході в пальник котла (рис. 6, 7).

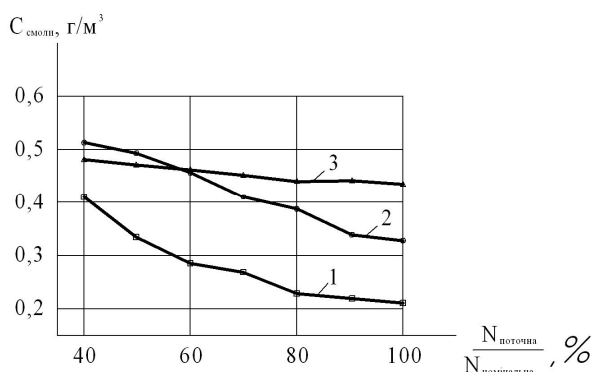


Рис. 6. Графік залежності концентрації смоли в генераторному газі від рівня навантаження:

1 — лущиння соняшнику вологістю 25×30 %; 2 — відходи деревини вологістю 30×35 %; 3 — відходи деревини вологістю 40×45 %

При роботі на відходах деревини зольник газогенератора очищався від вуглецевого дріб'язку через кожні 15 годин роботи. Розмір шматочків вуглецевого дріб'язку досягав 3...10 мм. Слід зазначити, що відсутність колосникових ґрат в газогенераторі збільшує рівень недопалу не суттєво, так як розмір вуглецевого дріб'язку за розмірами менший ніж отвори в колосникових ґратах, що застосовуються в подібних газогенераторах.

За весь час роботи котла на генераторному газі опір теплообмінника і скрубера залишався практично не змінним. Таким чином, період їх очищення може бути 100 годин і більше.

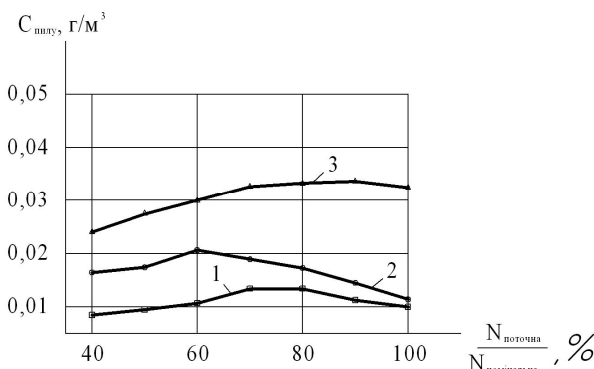


Рис. 7. Графік залежності концентрації пилу в генераторному газі номінальна від рівня навантаження:

1 — відходи деревини вологістю 30...35 %; 2 — відходи деревини вологістю 40...45 %; 3 — лущиння соняшнику 30...35 %

При навантаженні нижче номінальної спостерігалось перевищення допустимих концентрацій, які становлять 0,5 г/м³ — для лущиння соняшнику і 0,05 г/м³ — для пилоподібних частинок. Високий вміст пилу в газі вказує на необхідність більш тонкого очищення в циклоні.

Проведені дослідження показали, що мінімальна встановлена потужність газогенератора обмежується 40 кВт. При подальшому зниженні навантаження ми стикаємось з неможливістю виходу шарового газогенератора на стаціонарний режим.

Висновки. Розроблена і випробувана в умовах дослідно-промислової експлуатації на різних видах рослинної біомаси газогенераційна енергетична установка ГЕКА-3 з газогенератором шарового типу.

Проведені випробування показали: відносна вологість вихідного палива, що визначає максимальне значення нижчої теплоти згорання одержуваного генераторного газу відповідає 20 %; газогенератор забезпечує достатню надійність і стабільність характеристик в ході тривалої експлуатації; склад генераторного газу забезпечує калорійність на рівні 4...4,5 МДж/м³; термічний ККД газогенераторів становить 70...85 %, що знаходиться на рівні показників кращих зарубіжних зразків.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Волостнов, Б.И.* Энергосберегающие технологии и проблемы их реализации / Б.И. Волостнов, В.В. Поляков, В.И. Косарев // Информационные ресурсы России. — 2010. — № 3. — С. 12—16.
2. *Гелетуца, Г.Г.* Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине / Гелетуца, Г.Г., Железная Т.А., Жовмир Н.М., Матвеев Ю.Б. // Промышленная теплотехника. — 2005. — Т. 27. — № 1. — С. 78—85.
3. *Желих В.М.* Нетрадиційні джерела енергії. / О.Т. Возняк, Ю.С. Юркевич, — Львів: Во НУ «Львівська політехніка». — 2009. — 83 с.
4. *Калетник Г.М.* Біопаливна галузь і енергетична та продовольча безпека України. / Г.М. Калетник. // Вісник аграрної науки. — 2009. — №8. — С.62—64.
5. *Потенциал и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Украине / Н.М. Мхитарян [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. — 2011. — № 8 (100). — С. 150—163.*
6. *Преобразование органических отходов сельского хозяйства в топливо для альтернативной энергетики [Текст] / С. М. Абрамов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2010. — № 1. — С. 8—11.*

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВХОДНОГО ТОПЛИВА НА ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА

А.А. Осьмак, А.А. Серёгин, С.И. Блаженко

Национальный университет пищевых технологий

Доказана перспективность использования растительной биомассы как топлива за счет широкого внедрения биоэнергетических технологий. Приведена целесообразность прохождения процесса газификации сырья органического происхождения. Установлена зависимость продолжительности разжигания растительной биомассы от температуры окружающей среды. Исследовано изменение теплотворной способности генераторного газа от влажности входящего сырья. Проведены исследования по установлению зависимости концентрации смолы в генераторном газе от массовой доли влаги органического сырья.

Ключевые слова: растительная биомасса, отходы древесины, лузга подсолнечника, биоэнергетические технологии, теплотворная способность, генераторный газ.

THE ADVANCED METHODS ON RISKS ANALYSIS WHICH ARE APPLIED BY DAIRY\MEAT PRODUCERS FOR DEVELOPMENT OF MANAGEMENT SYSTEMS

L. Vitkin

«KROK» University

O. Rolko

Cherkaska Prodovolcha Kompaniya, TAV

Key words:

integrated management system, risk-oriented approach, HACCP, management system, quality management system, food safety management system

Article history:

Received 25.05.2014

Received in revised form

5.06.2014

Accepted 10.10.2014

Corresponding author:

VLM@APU.gov.ua

ABSTRACT

A critical analysis of existing risk methods is help.

It is methods: Preliminary Hazard Analysis (PHA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Method Organized for a Systemic Analysis of Risks (MOSAR), Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA), Fault Tree Analysis (FTA), Hazard and Operability (HAZOP), Method DELPHI of Analysis.

Carry out your risk assessment process. Choose suitable risk identification tools and techniques. Select suitable people to identify your organization's risks. Analyze the risks that your organization faces. Estimate your organization's level of risk. Use your risk analysis results to evaluate your organization's risks. Use your risk analysis results to consider your risk treatment options. Establish a cyclical risk treatment process. Consider your organization's risk treatment options. Select the most appropriate risk treatment options. Plan the implementation of your risk treatments.

A structure integrated management system based on risk-oriented approach in the meat and dairy industry is suggested.

СУЧАСНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ В ПРОЦЕСІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ М'ЯСО-МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Л.М. Віткін, д-р техн. наук

Київський університет економіки та права «Крок»

О.Р. Ролько, інженер з якості

ТОВ «Черкаська продовольча компанія»

Проведений критичний аналіз існуючих методів оцінювання ризиків. Запропоновано побудову інтегрованої системи управління (ІСУ) на основі ризикоорієнтованого підходу в м'ясо-молочній галузі.

Ключові слова: інтегрована система управління, ризикоорієнтований підхід, система НАССР, системи управління (СУ), система управління якістю (СУЯ), система управління безпеністю харчової продукції (СУБХП)

Постановка проблеми. Сучасна ринкова економіка висуває високі вимоги до якості та безпеки продукції, при цьому безпеку продукції стає одним із найголовніших факторів у поведінці споживача під час вибору товару. В умовах глобалізації ринку харчових продуктів проблема їхньої безпеки набула масштабного характеру, зокрема і в Україні.

Продукція м'ясо-молочної галузі є однією з найбільш важливих складових у формуванні продовольчої безпеки України.

Найбільш дієвим шляхом вирішення зазначеного питання у світі визнано введення єдиних міжнародних стандартів з вимогами до безпечності харчових продуктів, які базуються на системі HACCP. Система HACCP обов'язкова для впровадження і на харчових підприємствах в Європейському Союзі.

З 1997 року в Україні діє закон [1], а Міністерство аграрної політики та продовольства України видало наказ [2], які зобов'язують підприємства харчової промисловості впроваджувати систему HACCP.

На жаль ця вимога сьогодні не виконується в повному обсязі. В Україні понад 22 тис. підприємств виробляє харчову продукцію. З них понад 250 підприємств впровадили СУ, які базуються на принципах HACCP. Такий низький показник впровадження СУ на базі стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) на СУ свідчить про недостатність розуміння виробниками переваг зазначених систем. В роботі автори досліджують побудову ІСУ на базі стандартів [3, 4, 5].

Зв'язок роботи з науковими завданнями. «Програма інтеграції України до Європейського Союзу», схвалена Указом Президента України від 14.09.00 р.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Центральний секретаріат ISO щорічно публікує результати досліджень стосовно кількості сертифікованих СУ [6]. Кількість сертифікованих СУ у світі переконливо свідчить про доцільність більшого поширення сучасних методів управління серед вітчизняних підприємств. Основні результати сертифікації за кількістю сертифікованих СУ наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Основні результати сертифікації за кількістю сертифікованих СУ

Показники аналізування	2008 рік	2009 рік	2010 рік	2011 рік	2012 рік
Світові результати					
Загальна кількість	980322	1063751	1118510	1079228	1101272
Приріст	28836	83429	54759	-39282	22044
Кількість країн	176	178	178	179	184
Кількість СУЯ (продукти, напої та табачні вироби)	21608	38817	33193	28434	33761
Приріст	-9452	17209	-5624	-4759	5327
Кількість сертифікованих СУ у Європі	455303	500286	530039	459367	474574
Частина до світових у відсотках	46,4	47,0	47,4	42,6	43,1
Приріст	23824	44983	29753	-70672	15207
Кількість країн	49	49	49	49	49
Кількість сертифікованих СУ в Україні	2453	3252	2592	1207	1091
Приріст	303	799	-660	-1385	-116
Кількість СУ у Черкаській обл. (УкрСЕПРО)	7	5	13	13	9
Приріст		-2	8	0	-4
Кількість СУ в м'ясо-молочній галузі		2	3	0	1

Останній огляд демонструє інтенсивне зростання кількості сертифікатів по всьому світу на кінець 2012 року, що складає приблизно 1504213 примірників у 191-ій країні. Зростання зареєстрованої кількості виданих сертифікатів доводить ринкову актуальність СУ на базі стандартів ISO для глобальної економіки.

Слід відзначити значне зростання СУБХП на відповідність вимогам стандарту ISO 22000 (таб. 2).

Таблиця 2. Основні результати сертифікації за кількістю сертифікованих СУБХП

Показники аналізування	Рік					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Кількість сертифікованих СУБХП у світі	4122	8185	13838	18580	19351	23231
Приріст		4063	5653	4742	771	3880
Кількість країн	94	111	127	138	139	142
Кількість сертифікованих СУБХП у Європі	2749	4865	6050	7083	7361	8426
Частина до світових у %	66,7	59,4	43,7	38,1	38,0	36,3
Приріст		2116	1185	1033	278	1065
Кількість країн	38	45	44	45	44	46
Кількість сертифікованих СУБХП в Україні	32	64	51	121	83	120
Частина до світових у відсотках	0,78	0,78	0,39	0,65	0,43	0,52
Частина до європейських у відсотках	1,16	1,32	0,84	1,71	1,13	1,42
Приріст		32	-13	70	-38	37
Кількість СУБХП у Черкаській обл. (УкрСЕПРО)	2	2	2	3	2	5
В т. ч. на підприємствах м'ясо-молочної галузі		1	1	1	1	3

ЕКОНОМІКА

Стандарт ISO 22000:2005 встановлює вимоги до СУБХП. До кінця грудня 2012 року було видано в 142 країнах 23231 сертифікат про відповідність СУ вимогам стандарту ISO 22000:2005, що продемонструвало зростання на 20 %, (+3 880) у порівнянні з минулим роком.

Основні принципи, на яких базується СУБХП, — є 7 принципів системи HACCP, впровадження яких дозволяє ідентифікувати, оцінити та управляти тими небезпечними чинниками, які створюють суттєву загрозу для життя і здоров'я громадян.

Зараз в багатьох країнах світу нормативне регулювання проводиться на основі методології аналізу ризиків. Тобто, для вирішення проблеми безпеки на підприємстві харчової промисловості необхідні додаткові дослідження.

Постановка завдання. Визначити методи прогнозування та оцінювання ризиків в м'ясо-молочній галузі та запропонувати побудову ІСУ, використовуючи ризикоорієнтований підхід.

Основна частина. На попередньому етапі проводиться діагностичний аудит ділового навколишнього середовища (ДНС), в умовах якого здійснюється діяльність. Ідентифікацію та оцінювання небезпек проводить робоча група, створена із провідних спеціалістів. Робоча група розмежовує небезпечні чинники за ймовірністю їх появи та серйозності впливу на здоров'я людини. Для кожного небезпечного чинника визначається прийнятний рівень безпеки на основі методу експертних оцінок.

За допомогою методу аналізування «Дерево рішень» робоча група визначає критичні точки контролю у яких можна запобігти, усунути або мінімізувати до прийнятного рівня ризик щодо безпечності харчової продукції.

Ступінь ризику для небезпечного чинника визначається за формулою:

$$\text{Ризик} = \text{ймовірність впливу} \times \text{важкість наслідків}, [7].$$

За допомогою цього методу нескладно перевести компоненти ризику в числові значення. Складові ризику оцінюються в балах за шкалою, яка наведена в табл. 3 і в табл. 4. Цей метод широко поширений в міжнародній практиці для визначення величини ризиків у сфері безпеки і гігієни праці [8].

Таблиця 3. Визначення ймовірності виникнення небезпечного чинника

Ймовірність виникнення	Ймовірність впливу	Шкала оцінки в балах
1 раз за зміну і частіше	Висока	4
Від декількох разів на місяць до одного разу за зміну	Середня	3
Від декількох разів на рік до одного разу на місяць	Низька	2
Від одного разу на рік і рідше	Практично дорівнює нулю	1

Таблиця 4. Визначення важкості наслідків впливу небезпечного чинника

Наслідки для здоров'я	Важкість наслідків	Шкала оцінки в балах
Смертний випадок	Критична	4
Важке захворювання, яке загрожує інвалідністю або потребує госпіталізації	Важка	3
Захворювання, яке призводить до тимчасової непрацездатності (до одного тижня)	Середньої важкості	2
Легке нездужання	Легка	1

Метод експертних оцінок та деревовидні діаграми були використані на практиці під час прогнозування ризиків на м'ясопереробному підприємстві ТОВ «Черкаська продовольча компанія».

Враховуючи українське законодавство в сфері безпеки та гігієни праці, зокрема регламентовані вимоги з безпеки та гігієни праці, які повинні виконуватись роботодавцем, та існування права працівників на пільги і компенсації за роботу в шкідливих та важких умовах, ННДІОП запропонував визначення для цих ризиків.

Неприйнятний ризик. Характеризується невідповідністю об'єктів, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки вимогам нормативно-правових актів (далі по тексті — НПА) з охорони праці, порушенням працюючими вимог безпеки та частими припиненнями робіт органами Держнаглядохоронпраці.

Терпимий ризик. Забезпечується повною відповідністю об'єктів, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки вимогам НПА з охорони праці. Допускається відхилення від вимог НПА з охорони праці. Характеризується наявністю важких і шкідливих умов праці, робота в яких компенсується пільгами та компенсаціями згідно з чинним законодавством та погодженням наявних відхилень з органами Держнаглядохоронпраці.

Прийнятний ризик. Забезпечується повною відповідністю стану умов і безпеки праці вимогам НПА з охорони праці. Допускає наявність важких і шкідливих умов праці, робота в яких компенсується пільгами та компенсаціями згідно з чинним законодавством. Характеризується дотриманням працівниками вимог безпеки.

Незначний ризик. Забезпечується повною відповідністю стану умов і безпеки праці вимогам НПА з охорони праці, відсутністю важких і шкідливих умов праці, які дають право працюючим на отримання пільг та компенсацій згідно з чинним законодавством. Характеризується дотриманням працівниками вимог безпеки.

15.11.2009 року ISO видала стандарт [9], щоб допомогти організаціям управляти ризиками. Він встановлює принципи, структуру та процес управління ризиками, які придатні для будь-якого типу організацій.

Наслідком зосередження уваги на впливі невизначеностей стало те, що управління ризиками безпеки перетворилося із другорядної на основну проблему управління.

Характеристика методів аналізування та оцінювання ризиків, які використовуються на підприємствах різних галузей

Теорія і практика оцінювання ризиків накопичила значний досвід його здійснення. Проблемою управління ризиками займалися ряд провідних спеціалістів різних країн. В більшості робіт наведені лише загальні принципи та рекомендації щодо управління ризиками. Для проведення кількісної оцінки ризику деякі автори пропонують складні математичні обрахунки, які потребують застосування спеціальних комп'ютерних програм.

Стандарт [10] формулює загальні принципи, які стосуються методів ідентифікації та оцінювання ризиків машин (устаткування) на всіх етапах життєвого циклу машини. Рекомендує два виду аналізу ризику: дедуктивний та індуктивний. В першому — аналіз проводиться від наслідку до причини. В другому — імітується відмова системи через низку подій, які можуть цю відмову визвати. Аналіз спрямований від причини до наслідку.

Стандарт пропонує такі методи аналізування:

1. Попередній аналіз факторів небезпек (PHA) (Preliminary Hazard Analysis) — індуктивний метод.

2. Метод «що, якщо ...?» — індуктивний метод.

3. Аналіз видів і наслідків відмов (Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) — індуктивний метод. FMEA представляє собою підхід по принципу «знизу вгору». Кожна подія ранжується у відповідності з ймовірністю її виникнення та тяжкості її наслідків. Є різновидом аналізу «дерева відмов».

4. Моделювання відмов в системах управління — індуктивний метод.

5. Метод MOSAR (Method Organized for a Systemic Analysis of Risks). Метод системного аналізу ризиків.

6. Аналіз «дерево відмов» Fault Tree Analysis (FTA) — дедуктивний метод. FTA — сукупність якісних і кількісних методів за допомогою яких методом дедукції, виявляються ті фактори, які можуть сприяти небажаній ситуації.

7. Прогнозування за методом ДЕЛЬФІ (DELPHI) — експертний метод, метод прогнозування.

Спеціалісти різних галузей промисловості під час ідентифікації небезпек використовують такі методи аналізування:

Методи якісного оцінювання: причинно-наслідкова діаграма Ісікави, діаграма Парето, експертне оцінювання, ранжування виробів по видах небезпек, класифікація виробів, зонування.

Методи кількісного оцінювання: аналітичний, кореляційно-регресійний аналіз, методи кваліметрії, метод найменших квадратів, метод багатокритеріальної оптимізації, метод аналізу ієрархій, кластерний аналіз та інші.

Стандарт [3] базується на одному методі — «Дерево рішень».

Стандарт [4] передбачає для кожного небезпечного чинника визначення прийняттого рівня небезпеки на основі методу експертних оцінок.

Проведений аналіз показує, що прогнозування та оцінювання ризиків в м'ясо-молочній галузі потребує додаткових досліджень, зважаючи на важливість забезпечення високої якості і безпечності харчових продуктів.

Вбачається доцільність визначити найбільш перспективні методи для застосування на різних етапах виробництва на підприємствах м'ясо-молочної галузі:

1. Причинно-наслідкова діаграма Ісікави. Переваги: дозволяє провести достатньо глибокий аналіз стану об'єкта, виявити та систематизувати всі можливі фактори впливу, провести їхнє ранжування, побудувати діаграму Парето. Метод не складний у підрахунках. Недоліки: суб'єктивізм спеціалістів.

2. Діаграма Парето. Переваги: дозволяє зосередити увагу на невеликій кількості життєво-важливих небезпек, виявити основні фактори впливу.

3. Метод експертних оцінок. Переваги: кваліфіковані фахівці-практики можуть досить точно оцінити досліджуваний об'єкт. Метод добре підходить для оцінки параметрів, які не мають одиниць вимірювання, широко застосовується на практиці. Недоліки: суб'єктивізм експертів. Метод потребує багато коштів та часу для підрахунків.

4. Кореляційно-регресійний аналіз. Переваги: можна визначити форму зв'язку між причиною і можливим наслідком; виміряти щільність зв'язку; виявити вплив окремих факторів на ризики. Якщо зв'язок між явищами існує, то за допомогою методу регресійного аналізу можна надати цим зв'язкам числового виразу. Недоліки: потребує програмного забезпечення, складний в підрахунках.

5. Багатокритеріальна оптимізація. Переваги: поєднання з методом експертних оцінок дозволяє наблизити суб'єктивні оцінки експертів до об'єктивних. Недоліки: потребує програмного забезпечення, складний в підрахунках.

Вважаємо, що найбільш перспективним може бути, так званий, «комбінований підхід». Він передбачає застосування на окремих етапах виробництва м'ясо-молочної продукції більшості наведених методів оцінювання ризиків у поєднанні з обраним методом аналізу ризиків конкретних видів м'ясо-молочних продуктів на основі розробленої моделі кількісної оцінки ризиків зазначеної продукції, яка найбільш повно враховує специфіку харчової галузі і конкретного підприємства.

Такий підхід дозволить підвищити рівень безпечності харчових продуктів для споживачів.

Висновки. 1. Проаналізовані методи є універсальними і можуть бути застосовані під час проектування будь-якої СУ. У випадку проектування ІСУ можливе використання різних методів аналізування на різних етапах виробництва продукції, що створює можливість підвищити ефективність впроваджених СУ.

2. Існуючі методи аналізу ризиків не повною мірою враховують специфіку побудови ІСУ м'ясо-молочного підприємства. Тому існує потреба у побудові моделі аналізу ризиків, яка враховує специфіку не тільки галузі, а й конкретного підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» від 23.12.97 № 771/97-ВР (у редакції Закону України від 06.09.2005 № 2809-IV зі змінами та доповненнями). — Режим доступу: <http://www.vet.gov.ua/node/406>.

2. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження Вимог щодо розробки, впровадження та застосування постійно-діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР) від 01.10.2012 № 590.

3. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга: (ISO 22000:2005, IDT): ДСТУ ISO 22000:2007. — [Чинний від 2007—08—01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 30 с. — (Національний стандарт України).

4. Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги: (OHSAS 18001:2007, IDT): ДСТУ OHSAS 18001:2010 — [Чинний від 2011—01—01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — 20 с. — (Національний стандарт України).

5. Системи управління якістю. Вимоги: (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001:2009. [Чинний від 2001—10—01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 26 с. — (Національний стандарт України).

6. The ISO Survey of Certification 2012 // ISO Central Sekretariat. — 2012. — 71 p.

7. Рекомендації щодо впровадження системи НАССР на підприємствах м'ясо-переробної галузі харчової промисловості України. Навч.-метод. посіб. / упоряд.: Хмель В. М., Касьянчук В.В., Калита О.В., Бараболя Л. О. / — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2006. — 108 с.

8. Желібо, Є.П. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів акредитації /За ред. Є. П. Желібо і В. М. Пічі. — К.: Каравела; Львів: Новий Світ-2000, 2001. — 320 с.

9. Управління ризиками. Принципи та настанови. ISO 31000:2009 — Чинний від 2009—11—09.

10. Безпечність машин. Принципи оцінювання ризику: (EN 1050:1996, IDT): ДСТУ EN 1050:2003. — [Чинний від 2004—10—01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2005. — 18 с. — (Національний стандарт України).

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА РИСКОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЯ МЯСОМОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Л.М. Виткин

Киевский университет экономики и права «Крок»

О.Р. Ролько

ООО «Черкасская продовольственная компания»

Проведен критический анализ существующих методов оценки рисков. Предложено построение интегрированной системы менеджмента на основании рискоориентированного подхода в мясомолочной промышленности.

Ключевые слова: *интегрированная система менеджмента, рискоориентированный подход, система НАССР, система менеджмента, система менеджмента качества, система менеджмента безопасностью пищевых продуктов.*

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Харчова промисловість» запрошує Вас до публікації наукових робіт.

Засновник та видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал зареєстрований Президією ВАК України (Постанова № 1-05/6 від 16.12.2009 р.) як наукове видання з технічних наук.

У журналі висвітлюються результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових ви-робництв та економіки харчової промисловості.

Обсяг статей — до 10 машинописних аркушів (до 10000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не публіковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Всі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (5—6 слів / ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза «**Ключові слова**» — напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: вступ, мета досліджень, матеріали та методи, результати досліджень, висновки. Кожен з наведених розділів статті починається з нового абзацу («**Вступ**», «**Мета досліджень**», «**Матеріали та методи**», «**Результати досліджень**», «**Висновки**» — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ГОСТ 7.1–84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» та вимогами ВАК України. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.