



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

14

Харчова ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2013

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;
Л.В. Левандовський	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, доцент.

Видання подається в авторській редакції

Схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 8 від 28 березня 2013 р.

Адреса редакції: 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Тел.: (044) 287-92-45, 287-94-21
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

© НУХТ, 2013

Комп'ютерна верстка *О.В. Компанієць, Л.В. Різніченко*

Підп. до друку 13.09.2013 р. Формат 70×100/16. Обл.-вид. арк. 23,5.
Ум. друк. арк. 14,19. Наклад 100 прим. Вид. № 15/13. Зам. № 22 -13.

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу
масової інформації № 7252, серія КК, видане 29 квітня 2003 р.

Зміст

ТЕХНОЛОГІЯ

Сировина та матеріали

Гойко І.Ю. Визначення окислювально-відновлювального потенціалу для характеристики антиоксидантної активності нетрадиційної рослинної сировини 6

Остроухова О.В., Пескова І.В., Скорікова Т.К., Пробийголова П.О., Травнікова О.Е. Дослідження здатності дріжджів рас бордо і каберне-5 до утворення летких компонентів 10

Вербицький Б.І., Луцик Ю.П., Левківська Т.М. Мікропорова структура моркви 15

Бондарева В.Й., Макаренко О.Г., Мірошников О.М., Гоцуляк Я.Н., Попова А.В. Застосування ефірної олії троянди та грінделії в емульсіях прямого типу та вивчення їх консервуючих властивостей 17

Благоєва Н., Стоянов Н., Митєв П., Спасов Х., Мельник І. Вплив деревини різноманітних видів дерев на органолептичні характеристики вина сорта мерло після витримки 20

Фалендиш Н.О., Федорова Т.О., Казмірчук О.А. Застосування плодово-ягідної сировини в технології хліба 27

Радзієвська І.Г., Громова О.М. Сумішеві олії для здорового харчування 30

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Іщенко В.М., Колотуша Т.П., Полумбрик О.М. Використання бентонітів у харчовій промисловості 34

Величко А.Є., Маслоva І.В. Ефективність переробки молочної сировини при застосуванні метода бактофугування 37

Філіпенко Т.А., Грибова Н.Ю. Особливості кінетики окиснення ріпакової олії та антиоксидантної дії в ній фенолів	42
Одарченко Д.М., Кудряшов А.І., С.В. Штих, Є.О. Іштван, О.О. Колориметрична оцінка водяних розчинів соків та плазм з дикорослих ягід	47
Чернюшок О.А., Кочубей-литвиненко О.В., Пухляк А.Г. Дія електричних розрядів на мікробіологічні показники сироватки молочної	53
Грек О.В., Красуля О.О. Визначення форм зв'язаної вологи в сироваткових напоях з харчовими волокнами	58
Булій Ю.В., Шиян П.Л., Дмитрук П.А., Малигін А.І. Технологія ректифікації в режимі керованих циклів	63
Чепель Н.В., Фролова Н.Е., Усенко В.О., Науменко К.А., Усатюк О.М. Удосконалення автоматизованої установки вакуумного фракціонування з одержання вузьких фракцій ефірних олій	68
Савінський С.В. До питання про з'єднання спирту з водою. Частина I.	73
Пешук Л.В., Гащук О.І., Аветян Е.Г. Сучасні підходи щодо використання селери, топінамбура, гарбуза та капусти кольрабі у технології посічених м'ясо-рослинних напівфабрикатів	77
<i>Екологічні аспекти</i>	
Танащук Л.І., Степанець Л.Ф. Екологічні проблеми цукрової промисловості та шляхи їх вирішення	83
<i>ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ</i>	
<i>Процеси харчових виробництв</i>	
Світлик А.М., Прохоров О.М. Снарядний рух газорідної суміші в капілярі	86
Ощипок І.М. Оцінка технологічних параметрів м'ясних туш і відрубів з використанням фазоімпульсного пристрою	89
Гіджеліцький В.М., Гонта І.А., Піддубний В.А. Методи стабілізації продукції переробних виробництв	94
Мирончук В.Г., Самілик М.М., Єщенко О.А. Політермічна кристалізація сахарози	97
<i>Обладнання та устаткування</i>	
Якимчук М.В. Розробка методик вибору основних параметрів комбінованих захоплювальних пристроїв під час проектування обладнання для групової упаковки	101
Змієвський Ю.Г., Мирончук В.Г. Аналіз конструктивних особливостей електродіалізаторів	107

Васильківський К.В., Лензіон В.Й., Мавроді Д.В., Дідик І.М. Дослідження динаміки приводів обладнання для розвантаження збільшених вантажних одиниць з нелінійною системою підвіски	111
<i>Пакування: розробки, дослідження, переробка</i>	
Дороніна К.М., Волчко А.І. Дослідження впливу параметрів інфрачервоного нагрівання на процес виготовлення полімерної упаковки методом термоформування	115
Беспалько А.П., Якимчук М.В., Валіулін Г.Р., Юхно М.І. Дослідження подрібнення ПЕТ пляшок методом різання з одночасним відокремлення горловини та днища	119
Гавва О.М., Деренівська А.В., Кривопляс-Володіна Л.О. Шляхи зменшення динамічної складової похибки дозування сипкої продукції	125
<i>Керування виробничими процесами</i>	
Глуценко М.С., Луцька Н.М. Дослідження фазових траєкторій при побудові оптимального керування утфельним вакуум-апаратом	131
Лобок О.П., Б.М. Гончаренко Б.М., Струнін І.В. Вплив стохастичних збурень на результати аналітичного конструювання оптимального керування багатовимірними об'єктами	137
Левчій Д.В., Медвідь Н.В. Використання під-алгоритмів для керування виробничими процесами у харчовій промисловості	144
<i>Енергетика та виробничі процеси</i>	
Данько О.В., Шестеренко В.Є. Негативний вплив неякісної електроенергії на собівартість продукції в харчовій промисловості	150
Балюта С.М., Изволенський І.Є., Шестеренко В.Є. Компенсація реактивної потужності асинхронних двигунів	155
Чагайда А.О. Енергонакопичувальні системи в харчових технологіях	159
Криворотько В.М., Соколенко А.І., Семенов О.М. Замкнені контури енергокористування в харчових технологіях	163
<i>ЕКОНОМІКА</i>	
Жужукіна Н.І. Трансформація підприємств в сучасних умовах господарювання	167
Басюк Т.П. Екологічний аспект в аналізі інвестиційних проектів підприємств харчової промисловості	170

І.Ю. ГОЙКО

Національний університет харчових технологій

ВИЗНАЧЕННЯ ОКИСЛЮВАЛЬНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Показано використання методу вимірювання антиоксидантної активності, який заснований на зміні окислювально-відновлювального потенціалу в рослинних екстрактах.

Встановлено, що рослинні екстракти, які були досліджені, містять антиоксидантні сполуки. Величина відновлювальної здатності досліджуваних екстрактів є позитивною і знаходиться в межах від 140,7 до 249,1 мВ. Найбільшою антиокислювальною активністю володіють екстракти плодів лимоннику ($249,1 \pm 1,8$), обліпихи ($235,8 \pm 2,5$) та горіху волоського ($218,2 \pm 5,1$), що дає можливість їх використовувати як функціональні інгредієнти в харчових продуктах функціонального призначення.

Ключові слова: антиоксиданти, антиоксидантна активність, рослинна сировина, окислювально-відновлювальний потенціал.

На організм людини впливають різні несприятливі фактори такі як забруднення навколишнього середовища, радіація, постійні стреси, неякісне харчування. Все це сприяє зменшенню захисних сил організму людини, зниженню активності антиоксидантної системи і як результат — в організмі зростає концентрація вільних радикалів, надлишок яких призводить до серйозних патологічних змін і захворювань. Руйнівна дія вільних радикалів виявляється в прискоренні процесу старіння організму, ослабленні імунітету, виникненні різних захворювань. Внаслідок чого виникає пряий зв'язок між надмірним вмістом вільних радикалів в організмі і виникненням небезпечних захворювань. Вільні радикали і реакції, що протікають з їхнім утворенням, вважаються основною причиною старіння і багатьох серйозних захворювань, таких, як хвороба Альцгеймера, катаракта, атеросклероз тощо.

Антиоксиданти — це речовини, які захищають організм від вільних радикалів і активних форм кисню. Вільні радикали утворюються при неповному окисленні органічних молекул киснем (так званому перекісному окисленню). Наше життя нерозривно пов'язане зі споживанням кисню (а значить, і з процесами окислення), тому вберегтися від появи в організмі вільних радикалів неможливо. Тому необхідність використання антиоксидантів та продуктів з їх використанням постійно зростає. Відомо, що найкращі антиоксиданти містяться в рослинах завдяки тому, що в них містяться біологічно активні речовини — фенольні сполуки, каротиноїди, аскорбінова кислота та ін. [1].

В даний час велика увага приділяється вивченню вмісту антиоксидантів в лікарських рослинах, харчових продуктах, напоях, БАД до їжі та інших об'єктах. Для визначення антиоксидантної активності існує ряд методів, серед яких найчастіше використовуються хімічні

і електрохімічні, що засновані на прямому або непрямому вимірюванні швидкості або повноти реакції антиоксидантів, що містяться в пробі з відповідними окисниками (вільний бром, інші галогени, радикал кисню, синтетичні довгоживучі радикали, комплекс Fe^{3+} і ін.) [2].

Найбільшого поширення, серед електрохімічних методів, набув кулонометричний метод визначення антиоксидантів, який заснований на вимірюванні кількості електрики, що проходить через комірку при окисленні аналізованої речовини на поверхні з певним потенціалом [3] та потенціометричний метод запропонований вченими під керівництвом Брайниної Х.З. [3].

Однак слід зазначити, що всі ці методи досить складні і трудомісткі, а отримані за різними методами результати погано порівнювати між собою, в тому числі і через відсутність єдиних одиниць виміру. Крім того, ці методи, як правило, видають суперечливі дані, що не корелюють між собою, крім того, недоліком більшості методів є застосування спеціального реактиву чималої вартості.

Тому вимірювання вмісту антиоксидантів в лікарській сировині є актуальним. У зв'язку з вищезазначеним, актуальним є пошук методів для оцінки антиоксидантної активності (АОА) рослинної сировини.

Мета роботи — визначення антиоксидантної активності (АОА) нетрадиційної рослинної сировини та визначення перспективних рослин для подальшого їх використання як джерел природних антиоксидантів в харчових продуктах оздоровчого призначення.

Як об'єкти дослідження в експериментах використовували наступну лікарську сировину:

Лимонник китайський (*Schizandra chinensis*). У плодах і насінні лимоннику містяться вітаміни С і Е, яблучна, винна і лимонна кислоти, органічні кислоти, вуглеводи, дубильні речовини, ефірні масла, мікроелементи (цинк, мідь, марганець, калій, натрій, залізо, фосфор, сірка, кремній та ін.). У всіх частинах рослини знайдено ефірну олію з приємним лимонним запахом. У складі масла — секвітерпени, альдегідні кетони. Лимонник має ефективний тонізуючий і зміцнюючий засіб.

Глід криваво-червоний (*Crataegus sanguinea Pall.*). Плоди містять вуглеводи, органічні кислоти, тритерпеноїди, вітамін С, дубильні речовини, катехіни, лейкоантоціанідіни. Мають тонізуючу дію, розширюють кровоносні судини, знижують рівень холестерину в крові, відновлюють серцевий м'яз і коронарний кровообіг, підвищують внутрішньоклітинний рівень вітаміну С.

Шипшина (*Rosa specis*). М'якоть плодів містить вітаміни: С, В₂, К, Р, пектинові речовини, лимонну кислоту, цукор, флавоноїди. Мають профілактичний засіб при гіпо-та авітамінозах, підвищують опірність організму до несприятливих факторів навколишнього середовища, мають загальнозміцнюючу і тонізуючу, протизапальну, кровоспинну, протинабрякову дії.

Горіх волоський (*Juglans regia*). Містить велику кількість біологічно активних речовин — гідроглони, які легко окислюються в юглон, флавоноїди, альдегіди, ефірні масла, алкалоїди, вітаміни С, РР, каротин, фенолкарбонові кислоти, дубильні речовини, кумарини, флавоноїди, антоціани, хінони. Має протизапальну, глістогінну, помірно цукрознижуючу, ранозагоювальну, бактерицидну, противосклеротичну, тонізуючу дії, а також нормалізує вуглеводний обмін, добре зарекомендувало себе при лікуванні лімфатичних вузлів, регулює функціональну діяльність шлунково-кишкового тракту.

Обліпіха крушіновідна (*Hippophae rhamnoides*). Плоди і листя містять цукор, органічні кислоти, вітамін С, тіамін, рибофлавін. Крім того, листя містять дубильні речовини (галло-і еллаготанінів та їх похідні) і фенолкарбонові кислоти. Можна використовувати як вітамінний, ранозагоювальний, протизапальний, імуностимулюючий засоби.

Череда трироздільна (*Bidens tripartita L.*). Листя містять флавоноїди, аскорбінову кислоту (60 — 70 мг /%), дубильні речовини, гіркоти, слиз, лактони, аміни та велику кількість марганцю. Володіють сечогінним і потогінним діями, покращують травлення, нормалізують порушений обмін речовин. Використовують як протизапальний, протиалергічний, кровоспинний і ранозагоювальний засіб [4].

Всі зразки було зібрано у Київській області та висушено за температури 40 °С.

Для вилучення з рослин речовин, які обумовлюють їх АОА, проводили екстрагування рослинної сировини. Для проведення досліджень висушені плоди рослинної сировини подрібнювали в ступці до розміру часток 1 — 2 мм. Як екстрагент використовували воду, яка безпечна та доступна, дозволяє переходити в розчин таким смакоароматичним сполукам, як

полісахариди, пігменти, циклічні спирти, органічні кислоти, а також антиоксидантам — біофлавоноїдам, дубильним речовинам, мікроелементам, вітамінам.

Водні екстракти з рослинної сировини готували однократним екстрагуванням водою з температурою 90 ± 20 °С протягом 15 – 30 хвилин залежно від виду сировини. Для рослин, що мають м'яку будову клітинної тканини, процес екстрагування протікає досить швидко і становить 15 хвилин, а подальше нагрівання призводить до часткового руйнування біологічно активних речовин. Оптимальний період екстрагування для твердих вегетативних органів рослин становить 30 хвилин. Екстракти ретельно відфільтровували через паперовий фільтр.

Для оцінки антиокислювальних властивостей рослинних екстрактів був обраний метод, запропонований В.І. Прилуцьким, заснований на зміні окислювально-відновлювального потенціалу в неактивованих неорганічних розчинах і складних біохімічних середовищах. Багато антиоксидантних речовин характеризуються здатністю знижувати окислювально-відновлюваний потенціал водних розчинів, в тому числі рідких внутрішніх середовищ організму, що підсилює активність екзогенних та ендогенних антиоксидантів за рахунок зняття термодинамічних обмежень. Основними критеріями зазначеного методу служили його ясність, простота, заданість, відтворюваність результатів і економічність [3]. Слід підкреслити, що метод дозволяє визначити загальну протиокислювальну активність рідких екстрактів, в той час як більшість інших методів нездатні визначити сумарно в складній суміші рослинного походження антиоксиданти різних класів або поліфункціональні антиоксиданти.

Для рослинних екстрактів використовуємо формулу (1), яка зв'язує показник активної кислотності рН та окислювально-відновлювальний потенціал:

$$\text{ОВП}_{(\min)} = 660 - 60 \text{ рН} \quad (1)$$

де $\text{ОВП}_{(\min)}$ — мінімальне теоретичне очікуване значення окислювально-відновлювального потенціалу; рН — активна кислотність досліджуваної сировини.

Отримане значення $\text{ОВП}_{(\min)}$ порівнюємо із виміряним фактичним значенням ОВП рослинної сировини. Зміщення ОВП в сторону відновлювальних значень (ВЗ) визначається за формулою (2):

$$\text{ВЗ} = \text{ОВП}_{(\min)} - \text{ОВП} \quad (2)$$

де ВЗ — зміщення окислювально-відновлювального потенціалу суміші в сторону відновлюваних значень (відновлювана здатність); ОВП — фактично виміряний окислювально-відновлювальний потенціал рослинної сировини.

Негативна величина зсуву ОВП свідчить про відсутність в досліджуваної сировині антиоксидантних (відновлювальних) властивостей.

Показники рН і ОВП вимірювали на приборі іономері І-160 з використанням в якості вимірювального електроду скляного (для вимірювання рН) і платинового (для вимірювання ОВП). Дослідження проводили тричі, проводили статистичну обробку результатів при кімнатній температурі 18 – 22 °С.

Результати експериментальних досліджень АОА екстрактів рослинної сировини наведено в таблиці.

Антиоксидантна активність водних екстрактів нетрадиційної лікарської сировини

№ п/п	Лікарська сировина	Середнє значення ВЗ, мВ
1	Лимонник китайський (<i>Schizandra chinensis</i>)	249,1 ± 1,8
2	Глід криваво-червоний (<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.)	167,9 ± 5,4
3	Шипшина (<i>Rosa specis</i>)	199,4 ± 1,9
4	Горіх волоський (<i>Juglans regia</i>)	218, 2 ± 5,1
5	Обліпиха крушиновідна (<i>Hyperphae rhamnoides</i>)	235, 8 ± 2,5
6	Черета трироздільна (<i>Bidens tripartita</i> L.)	140, 7

Як видно з таблиці, що всі рослинні екстракти містять антиоксидантні сполуки. Величина відновлювальної здатності досліджуваних екстрактів є позитивною і знаходиться в межах від 140,7 до 249,1 мВ. Найбільшою антиокислювальною активністю володіють екстракти плодів лимоннику, обліпихи та горіху волоського.

Висновки. Проблема руйнівної дії вільних радикалів, що проявляється в прискоренні процесу старіння організму, ослабленні імунітету та виникненні різних захворювань, може бути вирішена доповненням харчового раціону природними речовинами — антиоксидантами,

які містяться в рослинах завдяки вмісту в них біологічно активних речовин. Вимірювання вмісту антиоксидантів у лікарській сировині є актуальним та виявляє практичну зацікавленість у пошуку методів для оцінки антиоксидантної активності рослинної лікарської сировини.

Доцільним є використання методу вимірювання антиоксидантної активності, який заснований на зміні окислювально-відновлювального потенціалу в рослинних екстрактах.

Підтверджено, що нетрадиційна лікарська сировина — лимонник китайський, глід криваво-червоний, шипшина, обліпіха крушнівоїдна, горіх волоський, череда трироздільна містять антиоксидантні сполуки.

Проведені дослідження показали, що величина відновлювальної здатності досліджуваних екстрактів є позитивною і знаходиться в межах від 140,7 до 249,1 мВ. Найбільшою антиокислювальною активністю володіють екстракти плодів лимоннику, обліпіхи та горіху волоського, що дає можливість їх використання в якості функціональних інгредієнтів в харчових продуктах оздоровчого призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зобков З.С. Синергизм поли фенольного комплекса с аскорбиновой кислотой / З.С. Зобков, С.А. Щербакова // Молочная промышленность. — 2008. — № 2. — С. 49 — 51.

2. Євлаш В.В. Адаптація методу кулонометричного титрування щодо визначення антиоксидантної активності рослинної сировини та дієтичних добавок / В.В. Євлаш, В.Г. Міхайленко, В.О. Акмен // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 53. — С. 56 — 59.

3. Прилуцкий В.И. Окислительно-восстановительный потенциал для характеристики противоокислительной активности различных напитков и витаминных компонентов / В.И. Прилуцкий // Электрохим. активация в медицине, сел. хозяйстве, пром-сти: I Междунар. симпозиум. — М., 1997. — 120 с.

4. Формазюк В.И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений. Культурные и дикорастущие растения в практической медицине / Валентина Формазюк — К.: Изд-во А.С.К., 2003. — 792 с.

Показано использование метода измерения антиоксидантной активности, который основан на изменении окислительно-восстановительного потенциала в неактивированных неорганических растворах и сложных биохимических средах.

Установлено, что растительные экстракты, которые были исследованы, содержат антиоксидантные системы, что дает возможность использовать их как функциональные ингредиенты в пищевых продуктах оздоровительного назначения.

Ключевые слова: антиоксиданты, антиоксидантная активность, растительное сырье, окислительно-восстановительный потенциал.

I. U. Goyko

Definition oxidation-renewable potential for data antioxidant alternative plant raw materials

It is shown that the solution destructive effects of free radicals, resulting in accelerating the process of aging, weakening immunity and occurrence of various diseases is a diet supplement natural substances — antioxidants contained in plants due to the content of biologically active substances. The use — schizandra chinensis, blood-red berries, rose hips, buckthorn krushinovidnoyi, walnut, cattle tryrozdilnoyi as alternative medicinal raw material containing antioxidant compounds. Shown using the method of measuring antioxidant activity, which is based on the change of radix potential in the plant extracts.

Shown that plant extracts that have been investigated, contain antioxidant compounds. Size renewable capacity studied extracts are positive and range from 140.7 to 249.1 mV. The greatest antioxidant activity of fruit extracts have schizandra chinensis (249,1 ± 1,8), buckthorn (235, 8 ± 2,5), and walnut (218, 2 ± 5,1) which allows their use as functional ingredients in food product functionality.

Key words: antioxidants, antioxidant activity, vegetable raw materials, oxidation-renewable potential.

Одержана до редколегії 11.05.2012 р.

**О.В. ОСТРОУХОВА,
І.В. ПЕСКОВА,
Т.К. СКОРІКОВА,
П.О. ПРОБИЙГОЛОВА,
О.Е. ТРАВНІКОВА**

Національний інститут винограду і вина «Магарач»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗДАТНОСТІ ДРІЖДЖІВ РАС БОРДО І КАБЕРНЕ-5 ДО УТВОРЕННЯ ЛЕТКИХ КОМПОНЕНТІВ

У статті наведено результати дослідження ароматоутворюючого комплексу столових виноматеріалів, отриманих із винограду червоних сортів з використанням різних рас дріжджів. Порівняння якісного складу і кількісного вмісту компонентів ароматоутворюючого комплексу виноматеріалів, які були отримані з використанням рас Бордо і Каберне-5, показало, що раса Бордо здатна утворювати більшу кількість аліфатичних і ароматичних спиртів, а раса Каберне-5 — летких фенолів і ацетатів. Показано, що використання різних рас дріжджів дозволяє отримувати виноматеріали з ароматом різного напрямку.

Ключові слова: раса дріжджів, ароматоутворюючий комплекс, аліфатичні і ароматичні спирти, леткі феноли, ефіри.

Однією з найважливіших характеристик якості винопродукції є її аромат, у формуванні якого беруть участь декілька сотень компонентів, які надходять із винограду або утворюються під час бродіння, дозрівання, старіння виноматеріалів [1 – 3]. Під час переробки винограду в результаті гідролітичних і окислювальних процесів відбувається вивільнення ароматоутворюючих компонентів (терпенів, C_{13} -норізопреноїдів і т. д.) із різних частин виноградної ягоди [1]. Утворення не менш важливих для формування аромату виноматеріалів і вин вищих спиртів, складних ефірів, лактонів, карбонільних сполук, сірковмістких речовин та ін. пов'язано з життєдіяльністю дріжджів [1, 3]. Якісний склад і кількісний вміст вторинних продуктів спиртового бродіння залежить від хімічного складу виноградної суслу, умов проведення бродіння і раси дріжджів, що використовується [3, 4]. Це обумовлює можливість використання різних рас дріжджів для отримання виноматеріалів певної органолептичної якості. Численні дослідження в цьому напрямі свідчать про актуальність даної проблеми [1 – 4].

Метою цієї роботи був порівняльний аналіз здатності рас дріжджів Бордо і Каберне-5 до утворення летких компонентів.

Для досягнення мети в умовах мікровиноробства за класичною технологією [5] були виготовлені червоні столові виноматеріали з винограду сортів Бастардо магарацький, Сапераві, Красностоп золотовський, Одеський чорний, Екім кара, Пті Вердо, Каберне-Совінйон, Сіра і Мерло 2008 – 2009 рр. врожаю, що вирощується в східному (ВАТ «Сонячна долина») і південнобережному (ДП «Алушта») районах Криму і в Одеській області (ТОВ ПТК «Шабо») із використанням рас Каберне-5 і Бордо (Національна колекція мікроорганізмів для виноробства НІВІВ «Магарач»). Дослідження ароматоутворюючого комплексу виноматеріалів здійснювали шляхом газохроматографічного розділення компонентів на хроматографіі Agilent Technology 6890 [6]. Математичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програми Statistica.

У результаті газохроматографічного аналізу ароматоутворюючого комплексу вино-матеріалів, отриманих із використанням різних рас дріжджів, ідентифіковано 66 компонентів, які було об'єднано у 8 груп: терпенові сполуки, ароматичні і аліфатичні спирти, С₆-спирти, лактони, леткі феноли, карбонільні сполуки, етилові ефіри карбонових кислот і ацетати (табл.).

У цілому в ароматоутворюючому комплексі виноматеріалів переважали спирти (ароматичні і аліфатичні), частка яких складала в середньому 77 % від вмісту всіх ідентифікованих компонентів. При цьому в середньому 38 % склали ароматичні і 39 % — аліфатичні спирти. Складні ефіри, які склали в середньому 9 % від усіх ідентифікованих ароматоутворюючих компонентів виноматеріалів, в основному представлені етиловими ефірами карбонових кислот. Сумарна доля карбонільних (альдегіди і кетони) і терпенових сполук, лактонів і летких фенолів в середньому складала 14 %.

Діапазони варіювання і середні значення концентрації компонентів ароматоутворюючого комплексу виноматеріалів, які було отримано з використанням різних рас дріжджів

Показники	Раса дріжджів	
	Бордо	Каберне-5
Масова концентрація, мг/дм ³ :		
— терпенових сполук	<u>0,31-3,53</u> 1,22	<u>0,00-3,69</u> 1,60
— ароматичних спиртів	<u>89,72-478,64</u> 357,33	<u>54,31-97,258</u> 0,72
— С ₆ -спиртів	<u>6,98-10,57</u> 8,30	<u>5,41-10,83</u> 7,65
— аліфатичних спиртів	<u>118,45-386,90</u> 279,85	<u>75,84-139,73</u> 116,95
— лактонів	<u>1,85-33,37</u> 7,98	<u>2,17-10,88</u> 5,18
— ефірів (сумарна):	<u>21,34-47,32</u> 31,43	<u>27,42-54,99</u> 40,78
— ацетатів	<u>0,62-5,49</u> 2,10	<u>2,59-9,81</u> 5,86
— етилових ефірів	<u>20,60-46,39</u> 29,19	<u>20,33-48,71</u> 34,79
— карбонільних сполук	<u>1,93-13,10</u> 5,03	<u>1,35-5,41</u> 2,82
— летких фенолів	<u>0,00-0,06</u> 0,008	<u>0,21-2,67</u> 1,30

Серед ідентифікованих ароматоутворюючих компонентів терпеноїди та С₆-спирти є носіями сортового аромату винограду. Згідно з даними, які представлено в таблиці, масова концентрація даних компонентів у виноматеріалах, отриманих із використанням різних рас дріжджів, варіювала в широкому діапазоні значень. При цьому значущої різниці середніх значень вмісту терпенових сполук у виноматеріалах виявлено не було. Аналіз літературних і експериментальних даних дозволяє зробити висновок про те, що варіювання концентрації терпенових сполук у виноматеріалах із різних сортів винограду, але отриманих із використанням однієї раси дріжджів, більшою мірою обумовлено сортовими особливостями, а не расою дріжджів.

Згідно з літературними даними концентрація С₆-спиртів, що надають трав'янистий аромат винограду суслу, у виноматеріалах більшою мірою залежить від сорту винограду і його стиглості, а не від раси дріжджів, яка використовувалась [1], що було підтверджено і отриманими експериментальними даними (табл.).

Проведення досліджень виноматеріалів, які були отримані з різних сортів винограду з використанням однієї раси дріжджів, дозволяє нівелювати вплив хімічного складу сировини і досліджувати здібність раси до утворення летких компонентів.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що сумарна масова концентрація вищих спиртів у виноматеріалах, отриманих із використанням раси дріжджів Бордо, у середньому

була в 3,2 рази більше, ніж у виноматеріалах, отриманих із використанням раси Каберне-5. Була виявлена значуща різниця ($p = 0,000 - 0,014$) виноматеріалів за вмістом пропанолу, ізобутанолу, бутанолу, ізоамілолу, 4-метилпентанолу і 3-метилпентанолу. Відносно ароматичних спиртів, що є сильними ароматоутворюючими компонентами з квітковим запахом, можна відзначити наступне. У виноматеріалах, отриманих на расі дріжджів Бордо, сумарна масова концентрація ароматичних спиртів, які представлені фенілетанолом, бензиловим спиртом та тирозолом, у середньому складала $357,3 \text{ мг/дм}^3$, що в 4,4 рази більше, ніж у виноматеріалах, отриманих на расі Каберне-5. Концентрація бензилового спирту і тирозолу у дослідних виноматеріалах, отриманих на різних расах дріжджів, варіювала в діапазонах значень $0,52 - 1,79$ і $1,96 - 16,97 \text{ мг/дм}^3$ відповідно. Значущої різниці щодо вмісту цих компонентів у виноматеріалах не встановлено. Разом із цим, виноматеріали, отримані на расі дріжджів Бордо, відрізнялися високим вмістом фенілетилового спирту (у середньому $348,86 \text{ мг/дм}^3$, що в 4,6 разів більше, ніж у виноматеріалах, отриманих на расі Каберне-5).

Сумарна масова концентрація ідентифікованих складних ефірів у отриманих виноматеріалах варіювала в діапазоні значень від $21,34$ до $54,99 \text{ мг/дм}^3$ і значно не відрізнялася у виноматеріалах, отриманих із використанням різних рас дріжджів. Разом із цим, концентрація ацетатів, що беруть участь у формуванні медово-квіткових і фруктових відтінків аромату, у виноматеріалах, отриманих на расі дріжджів Бордо, була в 2,8 разів меншою, ніж у виноматеріалах, отриманих із використанням раси Каберне-5. Результати математичної обробки виявили значущу відмінність виноматеріалів за вмістом у них ізоаміацетату ($p = 0,001$).

Фруктові відтінки аромату виноматеріалів найчастіше пов'язують із лактонами [4]. Результати хроматографічного аналізу показали, що у виноматеріалах, отриманих на расі Бордо, концентрація цих компонентів в 1,5 рази перевищувала таку у виноматеріалах, отриманих на расі Каберне-5. Математично значущих відмінностей за вмістом лактонів у виноматеріалах не було виявлено.

Найбільш широким у ароматичному відношенні спектром характеризуються представники групи карбонільних сполук (альдегіди і кетони) — від неприємних лікарських (2-метилтетрагідротиофен-3-он) до кислomолочних (ацетоїн) і медово-квіткових (феніла-цетальдегід, бензальдегід і т. д.) відтінків [1, 3]. Використання раси дріжджів Бордо сприяло отриманню виноматеріалів, сумарна масова концентрація карбонільних сполук у яких (без урахування ацетальдегіду) варіювала від $1,93$ до $13,10 \text{ мг/дм}^3$, що в середньому в 1,8 перевищує концентрацію цих компонентів у виноматеріалах, отриманих на расі Каберне-5.

Значно впливати на аромат вина можуть леткі феноли, що утворюються в процесі бродіння з фенолових кислот за участю циннамат декарбоксилази дріжджів [1]. Концентрація летких фенолів у дослідних виноматеріалах, отриманих на расі Бордо, не перевищувала $0,06 \text{ мг/дм}^3$, а на расі Каберне-5 — досягала $2,67 \text{ мг/дм}^3$. Незначна концентрація летких фенолів у червоних виноматеріалах і винах зумовлена інгібуванням декарбоксилази дріжджів, яке обумовлене дією катехінів і танінів [7]. У дослідних виноматеріалах, отриманих із використанням різних рас дріжджів, леткі феноли (4-вініл-2-метоксифенола, 4-етил-2-меток-си-фенол і 4-етилфенол) були присутні тільки у виноматеріалах, отриманих на расі Каберне-5. При цьому, 4-вініл-2-метоксифенол, що має приємний ванільний запах [1], у 80 % зразків виноматеріалів був присутній у концентраціях, вищих за порогову (40 мкг/дм^3). У виноматеріалах, отриманих із винограду сорту Мерло і Каберне-Совіньйон, було ідентифіковано 4-етил-2-метоксифенол. Концентрація 4-етилфенолу, що має неприємний медичний запах [1], перевищувала порогову ($0,6 \text{ мг/дм}^3$ [1]) концентрацію лише у виноматеріалах, отриманих з винограду сорту Каберне-Совіньйон, що свідчить про його можливий вплив на загальне складання аромату.

Для виявлення особливостей ароматоутворюючого комплексу виноматеріалів, отриманих із використанням рас дріжджів Бордо і Каберне-5, уся сукупність експериментальних даних була оброблена з використанням методів математичної статистики. Виявлені значущі ($p 0,000 - 0,013$) відмінності ароматоутворюючого комплексу виноматеріалів, отриманих на расах дріжджів Бордо і Каберне-5 за вмістом ароматичних і аліфатичних спиртів, ацетатів і летких фенолів (рис. 1).

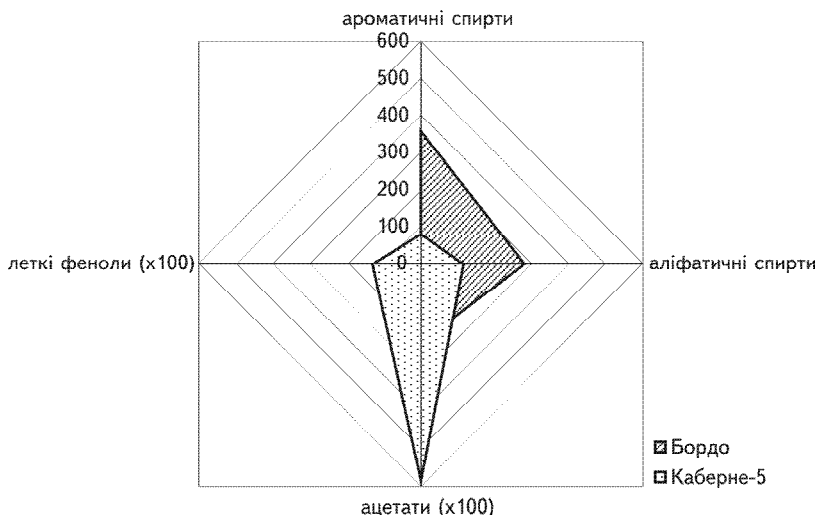


Рис. 1. Значущі відмінності за вмістом компонентів ароматоутворюючого комплексу виноматеріалів, отриманих із використанням різних рас дріжджів

Проведення сенсорного тестування зразків виноматеріалів та обробка його результатів показали, що зразки виноматеріалів, що отримані на расі Каберне-5, відрізняються більш вираженими ягідними відтінками в ароматі, ніж виноматеріали, отримані на расі Бордо. При цьому в ароматі виноматеріалів, отриманих на расі Бордо, були присутні виражені квіткові відтінки. Внесок прямих відтінків в складання аромату дослідних зразків виноматеріалів ично не відрізнявся.

Висновки. Таким чином, у результаті проведених досліджень було встановлено, що раса дріжджів Бордо не залежно від початкового складу сировини характеризується високою здатністю до утворення спиртів, як аліфатичних, так і ароматичних. Відмінною характеристикою раси Каберне-5 є здатність до утворення легких фенолів і ацетатів. Дані, які були отримані під час проведення цієї роботи, свідчать про можливість зміни напрямку аромату виноматеріалів залежно від раси дріжджів, яка використовується для проведення процесу бродіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Yeast and bacterial modulation of wine aroma and flavour* / Swiegers J.H., Bartovsky E.J., Henschke P.A., Pretorius I.S. // *Australian Journal of Grape and Wine Research*. — 2005. — № 11. — P. 139 – 173.
2. *Function of yeast species and strains in wine flavour* / Romano P., Fiore C., Paraggio M., Caruso M., Capece A. // *International Journal of Food Microbiology*. — 2003. — № 86. — P. 169 – 180.
3. *Nykanen L. Formation and occurrence of flavour compounds in wine and distilled alcoholic beverages* // *Am. J. Enol. Vitic.* — 1986. — № 37. — P. 84 – 96.
4. *Lambrechts M.G. Yeast and its importance to wine aroma. — A Review* / Lambrechts M.G., Pretorius I.S. // *S. Afr. J. Enol. Vitic.* — 2000. — Vol. 21, Special Issue. — P. 97 – 129.
5. *Технологические правила виноделия. В 2 т. Т. I. Общие положения. Тихие вина.* / Под ред. Г.Г. Валуйко и В.А. Загоруйко. — Симферополь: Таврида, 2006. — 487 с.
6. *О методах определения ароматообразующих веществ вин* / Виноградов Б.А., Зотов А.Н., Загоруйко В.А., Косюра В.Т., Луканин А.С. // *Вісник аграрної науки*. — 1997. — № 10. — С. 62 – 64.
7. *Wine chemistry and biochemistry* / Polo C., Moreno-Arribas M.V. — New York: Springer, 2008. — 736 p.

В статье представлены результаты исследования ароматобразующего комплекса столовых виноматериалов, полученных из винограда красных сортов с использованием различных рас дрожжей. Сравнение качественного состава и количественного содержания ароматобразующего комплекса виноматериалов, полученных с использованием рас Бордо и Каберне-5, показало, что раса Бордо способна образовывать большее количество алифатических и ароматических спиртов, а раса Каберне-5 — летучих фенолов и ацетатов. Использование различных рас дрожжей позволяет получать виноматериалы с ароматом различного направления.

Ключевые слова: раса дрожжей, ароматобразующий комплекс, алифатические и ароматические спирты, летучие фенолы, эфиры.

**O.V. Ostroukhova, I.V. Peskova, P.O. Probyigolova,
T.K. Skorikova, O.E. Travnikova**

***A study of ability of yeast strains bordeaux
and Cabernet-5 to formation of volatile components***

In article results of research of aroma complex of red table wines made from grape varieties Bastardo magarachsky, Saperavi, Krasnostop zolotovskiy, Odessky cherny, Ekim kara, Pti Verdo, Cabernet-Sauvignon, Shiraz and Merlot with use of yeast strains from the National collection of microorganisms for winemaking NIV&W «Magarach» are presented. As a result of the analysis aroma complex of experimental wines by a method of a gas chromatography it has been identified more than 60 components united in following groups: terpene alcohols, aliphatic and aromatic alcohols, C₆-alcohols, lactones, volatile phenols, carbonyl compounds, ethyl esters of carbon acids and acetates. Comparison of qualitative composition and the quantitative content of aroma complex of wines, received with use of strains Bordeaux and Cabernet-5, has shown, that the strain Bordeaux is capable to form the big quantity of aliphatic and aromatic alcohols, and strain Cabernet-5 — volatile phenols and acetates. Use of different strains of yeast allows to receive wines with aroma of a various direction.

Key words: strain of yeast, aroma complex, aliphatic and aromatic alcohols, volatile phenols, esters.

Одержана редколлегією 17.08.2012 р.

**Б.І. ВЕРБИЦЬКИЙ,
Ю.П. ЛУЦИК,
Т.М. ЛЕВКІВСЬКА**

Національний університет харчових технологій

МІКРОПОРОВА СТРУКТУРА МОРКВИ

В статті наведені визначені для моркви об'єм мікропор, інтегральні та диференціальні криві розподілу мікропор за радіусами, ефективний радіус пор, питома поверхня. Показано їх вплив на процес сушіння.

Ключові слова: морква, розподіл мікропор, питома поверхня, сушіння.

Науково обґрунтований вибір способу і режимів сушіння овочів зокрема моркви не можливі без вивчення їх мікропорової структури. Робіт присвячених цій тематиці вкрай мало.

Найбільш раціональним методом вивчення мікропорової структури продуктів як об'єктів сушки вважають адсорбційний метод, що базується на обробці ізотерм сорбції.

За експериментально отриманими ізотермами моркви [1] нами були визначені деякі її структурні та інші характеристики (об'єм мікропор, інтегральні та диференціальні криві розподілу мікропор за радіусами, ефективний радіус пор, питома поверхня тощо). Морква, як і інші овочі відноситься до обмежено набрякаючих колоїдних капілярно пористих матеріалів. Мікропори припускали циліндричними. Для розрахунку використовується десорбційна гілка ізотерми, яка відповідає повністю заповненим вологою порам з менісками рідини сферичної форми. При десорбції також є повне змочування стінок пор і $\cos \theta = 1$, що спрощує розрахунки. Для кожного значення відносного тиску $p/p_0 = \varphi$ за рівнянням Томсона-Кельвіна знаходили радіуси мікропор.

Товщину адсорбційного шару не враховували. Об'єм мікропор заповнених вологою, знаходили, як добуток кількості адсорбованої вологи при даному $p/p_0 = \varphi$ на молярний об'єм води. Будували інтегральну криву розподілу об'єму пор за радіусами, а взявши похідну від неї знаходили і диференціальний розподіл мікропор за радіусами (рис. 1).

З інтегральної кривої $F(r)$ розподілу мікропор встановлено, що об'єм мікропор зростає починаючи від мінімального радіуса до $r \approx 120 \cdot 10^{-10}$ м за параболічним законом, а при подальшому зростанні радіуса – лінійно.

Диференціальна крива $f(r)$ для моркви не має яскраво виражених максимумів і характеризується поступовим спадом із збільшенням радіуса, що характерно для неоднорідно пористих структур. З диференціальної кривої $f(r)$ розподілу мікропор за радіусами видно, що у сирій моркві переважно більшість складають мікропори з найменшими радіусами до $10 \cdot 10^{-10}$ м.

Знаючи функцію розподілу мікропор за радіусами, можна знайти ефективний радіус мікропор за формулою

$$r_e = \frac{1}{r_{\max} - r_0} \int_{r_0}^{r_{\max}} r^2 f(r) dr. \quad (1)$$

© Б.І. Вербицький, Ю.П. Луцик, Т.М. Левківська, 2012

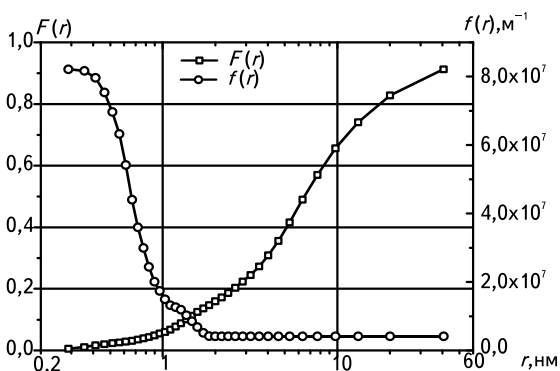


Рис. 1. Інтегральна $F(r)$ та диференціальна $f(r)$ криві розподілу мікропор за радіусами для моркви при температурі $T = 293$ К

Розрахований за (1) ефективний радіус мікропор моркви $r_e = 49,8 \cdot 10^{-10}$ м.

Кількість адсорбованої вологи у мономолекулярному u_m і полі молекулярному u_n шарах, а також вологи гігроскопічного стану u_r знаходили за десорбційною кривою ізотерми. Відомо, що для s – подібних ізотерм початкова криволінійна ділянка визначає вологу моно шару, прямолінійна ділянка вологу полі молекулярного шару, а верхня криволінійна ділянка характеризує капілярну вологу. Зазначену ізотерму будували також у координатах БЕТ [3] і вже з неї за відомою методикою більш точно знаходили вологу мономолекулярного шару u_m . Розраховані значення цих величин для моркви: $u_m = 0,044$ кг/кг, $u_n = 0,364$ кг/кг, $u_s = 1,33$ кг/кг.

Сушка моркви відбувається до волого вмісту $u = 0,163$ кг/кг ($W = 14$ %). Таким чином в процесі сушіння видаляється вся капілярна волога і частина вологи шару полі молекулярної адсорбції.

Оцінка питомої поверхні мікропор моркви здійснена за формулою

$$S_{num} = \frac{u_m N_a S_0}{\mu}, \quad (2)$$

де N_a — число Авогадро; S_0 — площа, яку займає молекула води у мономолекулярному шарі; μ — молярна маса води. Розраховане за (2) значення питомої поверхні для моркви становить $S_0 = 156,1$ м²/г.

Висновки. Встановлено розподіл мікропор моркви за радіусами, з оцінки якого випливає, що в процесі сушіння видаляється вся капілярна волога і частина вологи шару полі молекулярної адсорбції. Переважна більшість мікропор у моркві мають радіуси до $10 \cdot 10^{-10}$ м. Ефективний радіус мікропор у моркві становить $49,8 \cdot 10^{-10}$ м, а її питома поверхня — $156,1$ м²/г.

ЛІТЕРАТУРА

1. Филоненко Г.К. Сушка пищевых растительных материалов / Филоненко Г.К., Гришин М.А., Гольденберг Л.М. — М.: Пищевая промышленность, 1971 — 439с.
2. Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег., С. Синг. — М.: «Мир», 1970. — 560с.

В статье приведены определенные для моркови объем пор, интегральные и дифференциальные кривые распределения микропор по радиусам, эффективный радиус пор, удельная поверхность. Показано их влияние на процесс сушки.

Ключевые слова: морковь, микропоры, распределение пор, удельная поверхность, сушка.

B.I. Verbitsky, YU. P.Lutsik, T.M. Levkivska *Microporous structure of carrot*

The volume of pores, integral and differential curves of micropores distribution by radii, effective radius, and value of specific surface are determined in the present paper for a carrot.

Adsorption method, based on sorption isotherms processing, were used to determine these structural characteristics. Desorption branch of isotherm which more accurately corresponds to the process of drying was used for the calculations. The pores were predicted to be completely filled by water and have a spherical shape.

It is stated, that the volume of micropores increases from the minimal radius by the parabolic low up to value $\approx 120 \cdot 10^{-10}$ m, and then the dependence has linear form. Differential curve of micropores of carrot by radii doesn't have clearly expressed maxima and characterizes by a slow decrease of micropores volume with radius increase.

It is shown, the micropores with smallest radius $10 \cdot 10^{-10}$ m are predominated in the fresh carrot, the value of effective radius is $\approx 50 \cdot 10^{-10}$ m, the value of specific surface — 156 м²/г.

It is stated, that all capillary moisture and partially moisture of polymolecular adsorption has been took away during the process of drying to standard moisture content.

Key words: carrot, micropores, pores distribution, specific surface, drying.

Одержана редколлегією 1.03.2012 р.

УДК 613.495.Б81

**В.Й. БОНДАРЕВА, О.Г. МАКАРЕНКО,
О.М. МІРОШНИКОВ, Я.Н. ГОЦУЛЯК,
А.В. ПОПОВА**

ЗАСТОСУВАННЯ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ ТРОЯНДИ ТА ГРІНДЕЛІЇ В ЕМУЛЬСІЯХ ПРЯМОГО ТИПУ ТА ВИВЧЕННЯ ЇХ КОНСЕРВУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

У даній роботі з допомогою тест-культур дріжджів *Candida albicans* та грибів роду *Malassezia* визначалась можливість використання в емульсійних системах в якості консервуючого засобу нативних ефірних олій.

Ключові слова: ефірна олія, троянда, грінделія, емульсія, *Candida albicans*, *Malassezia*.

Жири та жирові компоненти використовуються в косметичних засобах в якості речовин, які живлять шкіру, поповнюють втрату шкіряного жиру при вмиванні, протидіють негативному впливу атмосферних явищ, а також при недостатній діяльності сальних залоз. В сучасних косметичних засобах все частіше використовують фітопрепарати, які представляють велику цінність, оскільки є препаратами сумарної дії та містять комплекс біологічно-активних речовин.

Шкіра складається з клітин різної морфологічної структури. Вони мають своє функціональне призначення і свої фізіологічні особливості. Створення тонко-дисперсних емульсій (емульсійних кремів масло-вода) з великою проникаючою дією сприяє адсорбуванню речовин на роговому шарі та проходженню активних речовин крему крізь шкіру трансепідермально, крізь роговий бар'єр життєздатного епідермісу та сосочковий шар дерми, внаслідок чого відбувається покращення живлення шкіри та її тактильних властивостей.

Одними з речовин, наявність яких ефективно впливає на стан шкіри, є ефірні олії. Вони пригнічують ріст мікроорганізмів, мають потужну протизапальну, бактерицидну і фунгіцидну дію, що дозволяє використовувати ефірні олії в якості консервуючих засобів.

Трояндову олію отримують з квітів ефіроолійної троянди (*Rosa damascena*) перегонкою з водної суспензії пелюсток. До складу олії входять ациклічні терпенові спирти: гераніол, цитронеллол, нерол, ліналоол; фенілетилловий спирт, складний ефір: евгенол; вільні жирні кислоти. Ефірна олія сприяє загоюванню ушкоджень шкіри, регулює роботу сальних залоз, підвищує пружність та еластичність шкіри. При створенні косметичних кремів використовується в якості засобу, що має кератолітичний вплив.

Ефірну олію грінделії отримують з конкрету грінделії шляхом екстрагування та виморожування. Ця олія має сильну антисептичну, протиалергічну, антибактеріальну, седативну, дезінфікуючу та детоксикаційну дію, стимулює кровообіг. До складу ефірної олії грінделії входять наступні речовини: флавоноїди, дитерпеноїди, сапоніни, органічні кислоти, глікозиди, танін, борнеол.

Дана робота спрямована на вивчення бактерицидних та фунгіцидних властивостей ефірної олії троянди та грінделії, а саме на пригнічуючий вплив цих олій на дріжджі роду *Candida* (*Candida albicans*) та дріжджоподібні ліпофільні гриби роду *Malassezia*. Це дозволить використовувати досліджувані ефірні олії в якості консервантів у косметичних емульсіях. А також їх введення в склад косметичних препаратів буде сприяти зменшенню в рецептурі вмісту складних хімічних консервантів.

Враховуючи цінні властивості даних ефірних олій, розроблено емульсії наступного складу:

— водна фаза: трояндова вода без вмісту спирту;

© В.Й. Бондарева, О.Г. Макаренко, О.М. Мірошников, Я.Н. Гоцуляк, А.В. Попова, 2012

- жирова фаза: норковий жир, масло какао, ланолін;
- ефірна олія троянди (ефірна олія грінделії), стабілізовані солюбілізатором;
- емульгатор (емульсійний віск).

Як правило, при мікробіологічному контролі косметичних засобів визначають наступні групи мікроорганізмів: мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми; дріжджі, дріжджоподібні та плісняві гриби; бактерії сім'ї *Enterobacteriaceae*; *Staphylococcus aureus*; бактерії виду *Pseudomonas aeruginosa*. В даному випадку, досліджувався вплив ефірних олій лише у відношенні до дріжджів роду *Candida* (*Candida albicans*) та дріжджоподібні ліпофільні гриби роду *Malassezia*.

Грибами роду *Malassezia* колонізована шкіра верхньої частини тіла. Дріжджі цього роду, в залежності від умов оточуючого середовища та імунітету господаря, виявляють властивості комменсалу або патогену, що є їх персональними, унікальними властивостями.

Для розвитку дріжджів роду *Candida*, які відносяться до умовно-патогенних збудників, необхідні суттєві порушення загальної резистентності, особливо імунного статусу, організму. Виявлено три основних чинники, які сприяють активізації вірулентності дріжджів роду *Candida*:

- екзогенні — фактори оточуючого середовища, які сприяють потраплянню цих дріжджів до організму (температурні умови, що сприяють потовиділенню; підвищений вміст в повітрі спор цих дріжджів в умовах кондитерських виробництв, гідролітичних виробництв по синтезу білка; травми шкіри; нераціональний гігієнічний режим);

- ендогенні — фактори, які визивають зниження опору організму (хвороби обміну речовин — цукровий діабет, дисбактеріоз, виразкові коліти, хронічні інфекційні процеси);
- вірулентні властивості дріжджів, які викликають їх патогенність.

Виконання дослідів:

1. Було підготовлене поживне середовище для дріжджів (сусло) та грибів (м'ясо-пептонний бульйон) та десять послідовних десятикратних розведень суспензії *Candida albicans* та *Malassezia* на поживному середовищі з відомою концентрацією для побудови калібрувального графіка.

2. На фотоелектрокалориметрі КФК-2 визначали оптичну густину для кожного розведення суспензії та будували графік залежності оптичної густини (D) від концентрації (C , КУО/мл — колоніє-утворюючі одиниці).

3. Раніше підготовлену суспензію дріжджів *Candida albicans* та грибів роду *Malassezia* з концентрацією 10^{10} КУО/мл розливали у 5 пробірок (по 3 мл в кожну) з додаванням у пробірки відповідно 1, 2, 3, 4, 5 мл емульсії. Інкубацію проводили при $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 48 годин. Після цього, для кожної проби суспензії вимірювали оптичну густину та за калібрувальним графіком визначали концентрацію дріжджів та грибів у кожній пробі.

Значення оптичної густини для кожної проби та відповідні значення концентрацій, знайдених за графіком (D/C), наведено в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1. Дані, отримані при дослідженні впливу ефірних олій троянди та грінделії на дріжджі *Candida albicans*.

№ проби	Кількість, мл	Кількість емульсії, мл	Оптична густина, D		Концентрація C , КУО/мл	
			троянда	грінделія	троянда	грінделія
1	3	1	0,53	0,59	$1,9 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$
2	3	2	0,24	0,31	370	420
3	3	3	0,16	0,19	82	94
4	3	4	0,12	0,15	28	30
5	3	5	0,08	0,1	9	11

В ході виконання даної роботи на підставі отриманих мікробіологічних даних було встановлено, що додавання ефірних олій до складу емульсійної системи, яка не містить консервантів, надає емульсії протизапальні, бактерицидні та фунгіцидні властивості, що було перевірено впливом на суспензії дріжджів *Candida albicans* та грибів роду *Malassezia*. Додавання навіть невеликої кількості емульсійної системи до суспензії мікроорганізмів, зменшує концентрацію останніх майже вдвічі. Отриманий результат підтверджує нативні властивості ефірних олій та дає підстави використовувати їх в якості консервуючого засобу в емульсіях нетривалого терміну зберігання. У випадку використання консервантів хімічного походження, додаткове введення ефірних олій троянди та грінделії дозволить зменшити вміст хімічних консервантів в рецептурі лікувально-профілактичних засобів, що призведе до позитивного впливу на організм.

Таблиця 2. Дані, отримані при дослідженні впливу ефірних олій троянди та грінделії на дріжджоподібні гриби роду *Malassezia*

№ проби	Кількість, мл	Кількість емульсії, мл	Оптична густина, <i>D</i>		Концентрація <i>C</i> , КУО/мл	
			троянда	грінделія	троянда	грінделія
1	3	1	0,51	0,58	$2,1 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^2$
2	3	2	0,33	0,41	$2,8 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$
3	3	3	0,26	0,32	750	810
4	3	4	0,15	0,19	55	64
5	3	5	0,11	0,15	19	23

Висновки. 1. В ході досліджень була визначена залежність між значеннями оптичної густини суміші та кількістю мікроорганізмів. Встановлено, що чим більша кількість емульсії, що містить ефірні олії, тим менша оптична густина суміші і як наслідок більша кількість знищених колоніє-утворюючих одиниць (данні впливу емульсійної суміші з вмістом ефірної олії троянди та грінделії на дріжджі *Candida albicans*: (табл. 1, проба № 5, кількість емульсії — 5 мл; оптична густина — 0,08 (троянда) та 0,1 (грінделія); концентрація — 9, КУО/мл (троянда) та 11, КУО/мл (грінделія)). Ці данні підтверджують нативні консервуючі властивості ефірних олій троянди та грінделії. 2. Завдяки своїм специфічним властивостям ефірні олії троянди та грінделії можуть використовуватись в якості консервантів в засобах з обмеженим терміном дії. 3. Використання ефірних олій дозволяє зменшити кількість хімічних консервантів у косметичних засобах.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Нове* в систематиці та номенклатурі грибів / Під ред. Д'яконова Ю.Т., Сергіїва Ю.В. — М.: Національна академія мікології; Медицина для всіх, 2003. — 496 с.
2. *Арзуманян В.Г.* Дріжджоподібні гриби роду *Malassezia* (Pityosporum) / Арзуманян В.Г., Мокроносова М.А., Гервазієва В.Б., Вісник Рос. акад. мед. Наук, 1998 — № 5. — С. 44 — 47.
3. *Дрободько В.Г.* Антимікробні сполуки вищих рослин / Дрободько В.Г., Айзенман Б.Е., Штейгер О.М. — К.: Вид. АН УССР, 1958. — 335 с.
4. *Світлові* ресурси корисних рослин / Довідник під ред. Вульфа Е.В., Малєєвої О.Ф. — Л.: Наука, 1969. — 566 с.
5. *Строев Е.А.* Біологічна хімія / Строев Е.А. — М., Вища школа, 1986. — 456 с.

В данній роботі з допомогою тест-культур дрожжей *Candida albicans* и грибів роду *Malassezia* определялась можливість використання в емульсионних системах природних ефірних масел в качестве консервирующего средства.

Ключевые слова: ефірне масло, роза, гринделія, емульсионная система, *Candida albicans*, *Malassezia*.

V.Y. Bondareva, Y.N. Hotsulyak, A.V. Popova

Application of rose essential oil and grindelia in emulsions of direct type and determination of their properties as preserving product

This paper considered native properties of rose essential oil and grindely and the possibility of using them as substitutes for chemical preservatives in cosmetics a short shelf life. Experiments were conducted using test-cultures *Candida albicans* and fungi of the genus *Malassezia*. In the course of work it was found that the addition of essential oils into the emulsion system, which contains no preservatives, emulsion provides native properties that were tested the influence of suspensions of yeast *C. albicans* and fungi of the genus *Malassezia*. Found that adding even a small amount of emulsion to a suspension of microorganisms, reduces the concentration of the latter nearly doubled. This result confirms the native properties of essential oils and allows their use as a means of preserving emulsions in short term storage

Key words: essential oil, rose, grindely, emulsion system, *Candida albicans*, *Malassezia*.

Одержано редколегією 31.05.2012 р.

**Н. БЛАГОЄВА,
Н. СТОЯНОВ,
П. МИТЕВ,
Х. СПАСОВ,**

Університет харчових технологій, м. Пловдив, Болгарія

І. МЕЛЬНИК

Одеська національна академія харчових технологій

ВПЛИВ ДЕРЕВИНИ РІЗНОМАНІТНИХ ВИДІВ ДЕРЕВ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИНА СОРТА МЕРЛО ПІСЛЯ ВИТРИМКИ

У статті представлена характеристика різних видів дерев, використаних при витримці червоних виноматеріалів сорту Мерло. Проведені експерименти з деревиною, альтернативою дубовій. Її використання суттєво впливає не тільки на якісні характеристики досліджених червоних вин, але й на зниження їх собівартості. Приведено порівняльну характеристику органолептичного складу отриманих вин.

Ключові слова: види дерев, біла акація, каштан звичайний, літній та зимовий дуб, походження та вид деревини, витримка вин, ступінь термічної обробки, бочки, органолептичні показники складу вина.

Деревина є продуктом біологічного походження і являє собою складний гетерогенний матеріал як в анатомічному, так і в хімічному відношенні, тому деревина різних видів дерев, а також специфічність основних факторів середовища їх проростання, впливають на склад і характеристики продуктів в контакт з нею [1].

Все частіше при витримці вин і високоалкогольних напоїв проводять експерименти з деревиною, альтернативною дубовій, а саме: звичайного каштану, білої акації, черешні звичайної.

Акація (Acacia) — вид чагарників і дерев з сімейства *Fabaceae*. Здатність деревини гнутися при використанні відповідних режимів пропарювання робить її придатною в бондарному ремеслі. Деревина акації немає віскі-лактонів і еллаготанінів. Вона багата флавоноїдами, фенольними кислотами і проантоцианідинами. У бочках з цієї деревини переважно зберігають білі і рожеві вина, так як вони зберігають їх делікатність, плодівість та свіжість.

Після термічної обробки в деревині накопичуються ароматні альдегіди, концентрація яких може досягти близько 66 мг/г деревини.

Каштан (Castanea) з сімейства буків налічує близько 14 видів. Висота звичайного каштана становить 30 – 35 м і діаметр близько 2 м.

Концентрація ваніліну після термічної обробки може досягти показників на кілька мг вище, ніж в дубовій деревині — близько 158 мг/г деревини. В деревині каштана ідентифіковані також бензальдегід, ацетованілон, в-метил-г-окталактон, гваякол і його похідні, евгенол, ізоєвгенол та інші, що надають аромат горіхів, диму і приправ [2].

Зимовий дуб з більш обмеженим ареалом: поширюється в Болгарії в місцях на висоті близько 1600 м над рівнем моря. Гора південна Стара-планіна є відносно великим джерелом Зимового дуба [3]. Деревина Зимового дуба має високі технічні якості, м'якше і легше ніж деревина

Літнього дуба. Екстракція танінів з деревини Зимового дуба проходить повільно. Приблизна щільність деревини близько 690 кг/м³. Благуна досягає висоти 40 м і товщини стовбура — від 70 до 80 см [4].

Походження та вид дубової деревини і основні процеси при її підготовці — сушіння, дозрівання і обробка є основними показниками, що визначають склад і характерістики деревини. Фуранові альдегіди і летючі феноли — індикатор автентичності одного напою, що витримується в контакт з дубовою деревиною. Крім фактора, що впливає на концентрацію цих компонентів в дистилатах, існує термообробка деревини [5].

Нагрівання деревини при термічній обробці впливає на високомолекулярні компоненти її складу — целюлоза, геміцелюлози, лігнін і таніни. Вміст летких компонентів в деревині збільшується близько 200 разів і істотно підвищуються концентрації галової, елагової і ванілінової кислоти. Ароматичні речовини у необробленій дубовій деревині сягає ледь 1 % від загальнозібраних після термообробки [6]. У результаті термічної обробки деревини зростають в значній мірі летючі феноли, карбонільні і фуранові з'єднання і в меншій мірі — норізопреноїди і лактони [7].

Ступінь термічної обробки — легка, середня або сильна — визначається в залежності від прикладеної температури і тривалості обробки. Залежно від ступеня досягається збільшення ароматичного потенціалу деревини із збереженням або усуненням рослинних тонів.

Дослідження характеристик різної деревини по відношенню ботанічного виду обмежені. Їх роль як альтернативних дубової деревини має значення не тільки в якісному аспекті, а й в економічному. Так, слід сказати, що бочки з акації та каштану в 1,5 — 2 рази дешевше французьких барік.

Мета цієї розробки — дослідити вплив деревини з різних видів дерев на органолептичні характеристики червоного вина сорту Мерло.

Матеріали та методи дослідження.

Деревина. Для дослідження використовували деревину Білої Акації, Звичайного Каштана, Благуна, Зимового дуба і дві торгові дубові деревини, під формою рейок з приблизними розмірами 150/40/10 мм (ТД 1 та ТД 2).

Вино. Для експериментів було використано вино сорту Мерло зі складом: м.к. загальних фенольних речовин (ЗФР) — 3,86 г/дм³; м.к. титруємих кислот — 5,53 г/дм³; м.к. екстрактивних речовин (ЕР) — 24,31 г/дм³; D₂₈₀ — 82,0; співвідношення ЗФР/ЕР — 15,88 %.

Варіанти дослідження. Кожну деревину, що використовувалась для досліду, висушили на відкритому повітрі протягом 2-х років і термічно обробили при температурі 195 °С з тривалістю 30 хв, за винятком двох проб Зимового дуба (з ними використовували більш тривалу термічну обробку — відповідно 60 і 90 хв). На етапі тихої ферментації у вино задавали відповідну деревину і забезпечували тривалість контакту з нею 2 місяці. Контактна поверхня, забезпечена шматками деревини, приблизно 80 см²/дм³ вина.

Органолептична та дегустаційна оцінка вина. Для характеристики органолептичного профілю вина ввели опис *аромату* (інтенсивність; плодовий тон; рослинний тон; суха маса/приправа; карамельний тон; дим, гармонія) і для *смаку* і *смакового аромату* (деревний тон; плодовий тон, щільність; кислоти; гіркота; терпкість; довжина; післясмак). За всіма цими показниками ввели цифрову оцінку від 0 до 10 і по кожному показнику варіант, що має більше позитивів, отримував вищу цифрову оцінку. Варіанти вина оцінювали і за 100 бальною системою.

Результати дослідження надані на рисунках 1 — 7. У наведених рисунках відсутні напрями оцінки кольору, так як не було встановлено відмінностей в забарвленні. У всіх варіантах інтенсивний, насичений червоний колір з блиском.

1. Характеристика вина, витриманого на деревині *Каштана і Акації*

Варіант, витриманий на деревині *Акації*, гармонійний з збереженими плодово-рослинним ароматом, що встановлений і в контрольному зразку. Тони сухої маси, карамель і дим не уловлюються, що характеризує цю деревину, як порівняно найбільш інертну до аромату вина.

В ароматі варіанту, витриманого на деревині *Каштана*, виділяється рослинний тон — зеленої маси, з легким нюансом сухої маси. Варіант отримав слабку оцінку за загальну ароматичну гармонію.

При порівнянні деревини каштану і акації з контрольною деревиною не був даний звіт істотного перекриття окремих характеристик. Дві торговельні деревини маскують плодовий

аромат вина, точніше ТД 1. У варіанті ТД 2, точно також як і у варіанті з каштаном, домінує специфічний рослинний тон зеленої маси, що вносить дисбаланс у загальну гармонію (рис. 1).

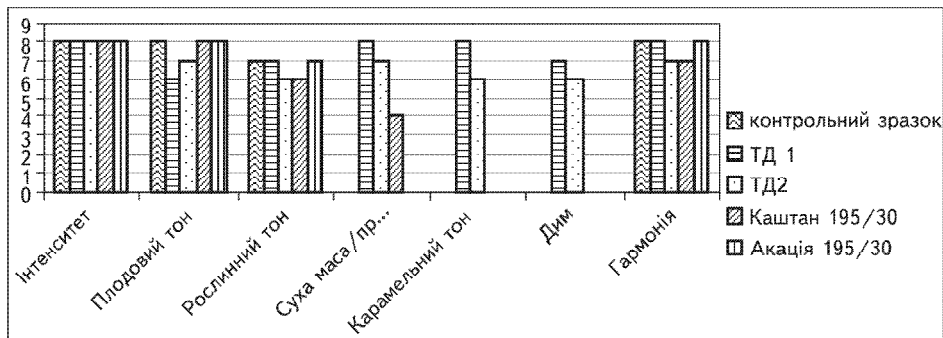


Рис. 1. Гістограма ароматичних характеристик варіантів вина, витриманих на деревині Каштана та Акації

Варіанти вина, витримані на деревині *Каштана* і *Акації*, характеризуються м'якою смаковою атакою, середнім і трохи вище середнього щільним тілом. Деревний тон значно краще вплетений у смакову частину вина, контактуючого з каштаном, але більш істотно маскував плодовий нюанс в смаковому ароматі. Плодовий відтінок в смаку збережений тільки у варіанті, витриманому на деревині з акації. При незмінній щодо контрольного зразка кислотності і в двох варіантах відчувається збільшена гіркота. Терпкість виділяється істотно у варіанті, що контактував з каштаном, залишаючись довго в післясмаку варіанту. У варіанті з акацією терпкість подовжена назад в післясмак і є більш слабкою, ніж та в контролі.

У порівнянні на рис. 2 варіантах ТД 1 краще всього було відображено в більшості напрямків смакової частини.

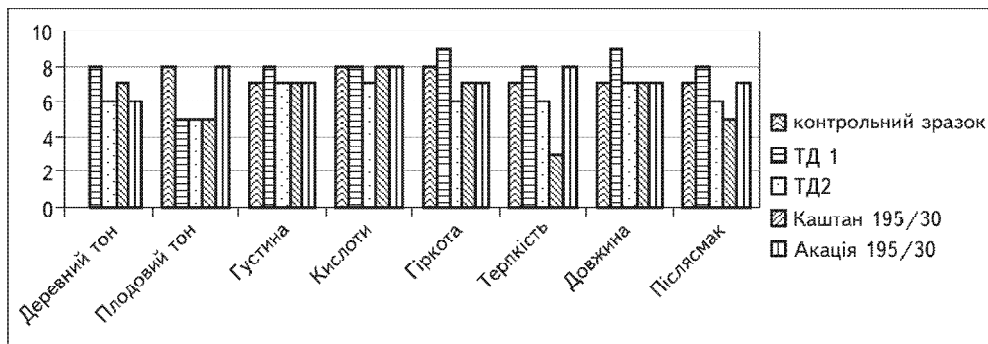


Рис. 2. Гістограма смакових характеристик варіантів вин, витриманих на деревині Каштана і Акації

2. Характеристика варіантів, витриманих на деревині *Благуна* і *Зимового дуба*, оброблених термічно при ідентичних режимах

У всіх досліджених варіантах встановлено часткове маскування плодового тону в ароматі.

Варіант старої деревини *Зимового дуба* гармонійний щодо аромату і високо оцінений за окремими напрямками. У нього чистий аромат у поєднанні з нюансами свіжих і висушених трав, з акцентом на суху масу, приправу і з вловимими, вдало вплетеними димовими тонами.

Варіант старої деревини *Благуна* має слабший за інтенсивітету аромат. Варіант з гармонійним ароматом, карамельно-димовими нюансами, з більш слабо представленими приправочними тонами.

У ТД 1 дуже сильно маскував плодовий тон у вині і відрізнявся від інших найбільш вираженим карамельним тоном в ароматі, не порушуючи його гармонійність. ТД 2 внесла легкий дисбаланс в аромат вина, домінуючого тонами зеленої рослинної маси (рис. 3).

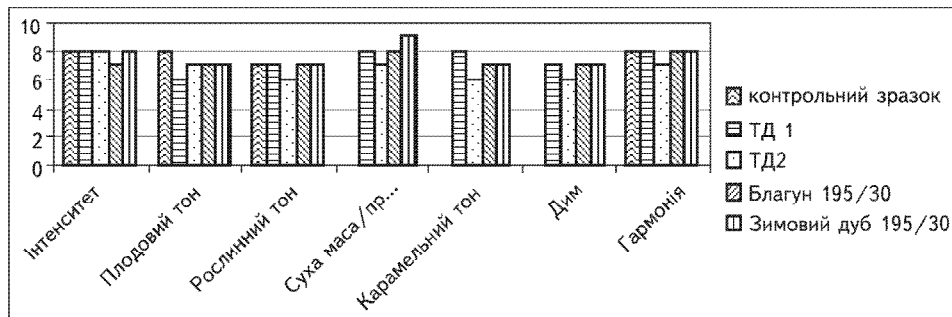


Рис. 3. Гістограма ароматичних характеристик варіантів вин, витриманих на деревині блягуна та зимового дуба, оброблених термічно при 195 °C за 30 хв

Крім позитивного в ароматичній частині, варіант старої деревини *Зимового дуба*, високо оцінений у всіх напрямках за характеристикою смаку. Характеризується м'якою смаковою атакою, має асимілюючий деревний тон, ущільнення смаку, збережений плодовий смаковий аромат. З винятковим балансом смаку соковитої плодової кислоти, без гіркоти і терпкості, з дуже довгим смаковим ароматом і приємний післясмаком.

Варіант з деревиною *Блягуна* також має м'яку смакову атаку і структуроване тіло, з більш слабким плодовим тоном в смаковому ароматі і порушена гамма сухого листа. Гіркота трохи загадкова і пікантна, а терпкість — помірна, що перейшла в післясмак (рис. 4).

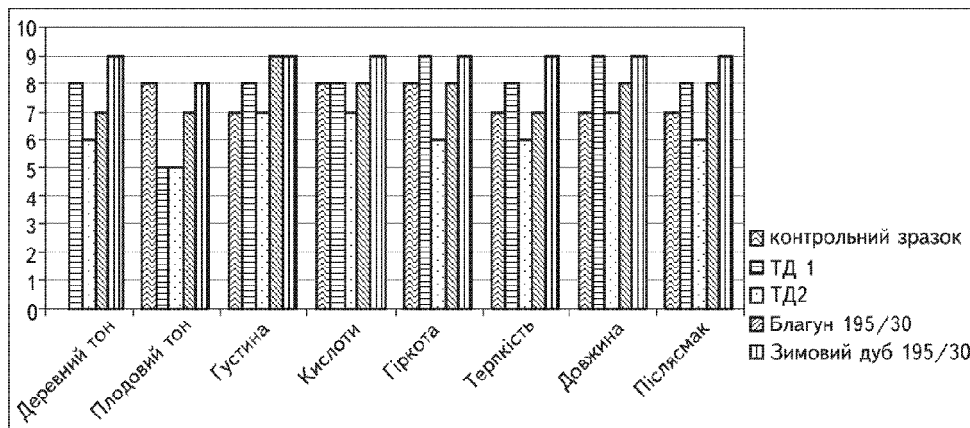


Рис. 4. Гістограма смакових характеристик варіантів вина, витриманих на деревині блягуна і зимового дуба, оброблених термічно при 195 °C за 30 хв

Характеристика варіантів, витриманих на деревині *Зимового дуба*, оброблених термічно при режимі з різною тривалістю.

Аромат в трьох варіантах, витриманих на деревині зимового дуба, гармонічний, незалежно від тривалості термічної обробки. Плодово-рослинний аромат найбільше збережений у варіанті із зимовим дубом, обробленим термічно за 90 хв.

З дуже сильно виявленими карамельно-димовими ароматами є варіант старої деревини, обробленої за 60 хв. Деревина, оброблена за 30 хв, надала вину злегка карамельно-димові тони в ароматі з сухою листяною масою (рис. 5).

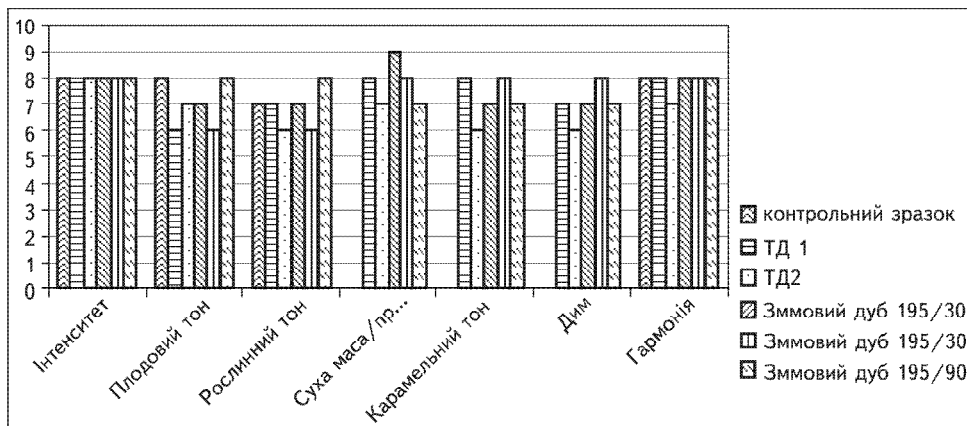


Рис. 5. Гістограма ароматичних характеристик варіантів вина, витриманих на деревині зимового дуба, оброблених термічно при 195 °С, відповідно за 30, 60 і 90 хв

Варіант з деревиною дуба Зимового, обробленою за 30 хв, характеризується добре асимільованим деревним тоном, що відмінно поєднується з плодовою гамою чорних добре визрілих лісових плодів — чорниці, ожини; присутній аромат синьої сливи і трохи аронії, з щільним центром смаку і соковитого тіла, з м'якою кислотністю, з довгим смаковим ароматом і приємним післясмаком.

Варіант з деревиною дуба Зимового, обробленою за 60 хв, з сильно домінуючим деревним тоном і прихованим плодовим ароматом, з м'якими танінами і довгим смаковим ароматом. Деревина, оброблена за 90 хв, істотно не змогла приховати плодове вино, а деревний тон вплетений краще того, що у варіанті з 60 хв (рис. 6).

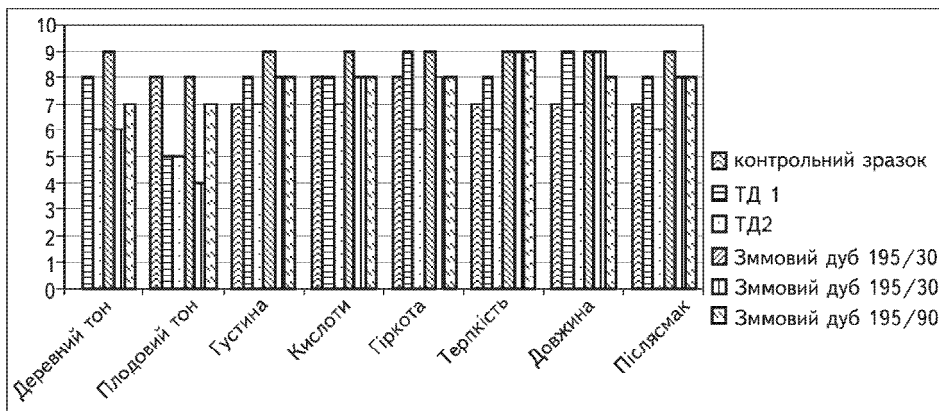


Рис. 6. Гістограма смакових характеристик варіантів вина, витриманих на деревині зимового дуба, оброблених термічно при 195 °С, відповідно за 30, 60 і 90 хв

За більшістю показників варіант з деревиною дуба Зимового, оброблений термічно при 195 °С за 30 хв, оцінений дуже високо і відповідно отримав найвищу загальну дегустаційну оцінку — 85. Далі варіанти з Благуном і ТД 1 — з невеликою різницею в оцінках, на користь варіанту з Благуном, в основному через збереження плодових нюансів в ароматі і смаку. Найнижчу оцінку отримав варіант ТД 2, що наведено на рисунку 7.

Аналізуючи отримані дані, основні висновки дослідження деревини по відношенню видів і режимів обробки слідуючи:

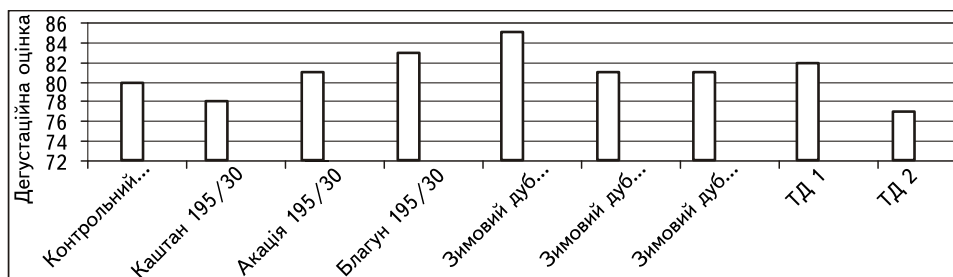


Рис. 7. Гістограма дегустаційних оцінок варіантів вина

1. З усіх видів досліджуваної деревини *Акація* найбільш інертна до вина, як в ароматичному, так і в смаковому відношенні.

2. В смаковому відношенні встановлено значне підвищення терпкості у вині, витриманому на деревині *Каштана*.

3. Вино, витримане на деревині *Благуна*, збалансовано на смак, зі специфічним ароматом сухої маси.

4. Варіант з деревиною *дуба Зимового*, обробленого при 195 °С за 30 хв (85 балів), має відмінний деревний тон, соковите тіло і збалансований смак.

5. Варіант з деревиною *дуба Зимового*, обробленого при 195 °С за 60 хв з сильно домінуючим деревним тоном, має прихований плодовий аромат, м'які таніни і довгий смаковий аромат.

6. Варіант з деревиною *дуба Зимового* при 195 °С за 90 хв з плодовим ароматом, з добре вплетеним деревним тоном в смаку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Драганова Р. Химия на дървесината / Драганова Р. — София: Техника, 1976.
2. Volatile composition of oak and chestnut woods used in brandy ageing: Modification induced by heat treatment / Caldeira I., Clémaco M.C., Bruno de Sousa R., Belchior A.P. // Journal of Food Engineering. — 2006. — 76. — pp. 20 – 22.
3. Стефанов Б. Анатомия на дървото / Стефанов Б. — София: Земиздат, 1954.
4. Делков Н. Дендрология / Делков Н. — София: Земиздат, 1988.
5. Puech J.-L., Leroutre J.-P., Vaumes R., Vayonove C., Moutounet M. Influence du thermotraitement des barriques sur l'évolution de quelques composants issus du bois de chêne dans les eaux-de-vie. 1^{er} symposium scientifique international de Cognac. — 11 – 15 mai 1992, Édition: Bureau interprofessionnel du Cognac, Cognac (France). — 583 – 588.
6. Rawlyer A., Auer J., Dumont-Beboux N. Maîtrise de la chauffe artisanale des fûts de chêne en tonnellerie. / Rawlyer A., Auer J., Dumont-Beboux N. // Revue suisse Vitic Arboric Hortic. — 2006. — 38 (3). — P. 151 – 158.
7. Chatonnet P., Situation et évolution de l'utilisation des alternatives dans le monde. Partie 2/3: Influence de la dégradation thermique du bois sur la composition et la qualité des produits alternatifs. Revue des oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques. — 2008. — 126. — 45 – 48.

В статтю представлена характеристика різних видів дерев'яних, використаних при видержці червоних вин матеріалів сорту Мерло. Проведені експерименти з деревиною, альтернативною дубовою. Її застосування суттєво впливає не тільки на якісні характеристики досліджуваних червоних вин, але й на зниження їх собівартості. Приведено порівняльну характеристику органолептичного складу отриманих вин.

Ключові слова: види дерев'яних, біла акація, каштан звичайний, літній і зимовий дуб, походження і вид деревини, видержка вин, ступінь термічної обробки, бочки, органолептичні показники складу вина.

**N. Blahoeva, N. Stoyanov,
P. Mytyev, H. Spasov, I. Melnik**

Effect of wood different kind of trees in the organoleptic characteristics wine of merlot variety after ripening

In article the characteristic of different types of the trees used at ripening of red bulk wines of a breed of Merlot is presented. Experiments with the wood alternative to the oak were made. Wood of a white acacia, a usual chestnut, Blagun, a winter oak and two trading oak wood in the form of laths with the sizes of 150/40/10 mm (TD1 and TD2) were used for research. Each wood was dried up in the open air within 2 years and thermally processed at $t = 195$ °C throughout 30 mines, except for two tests of a winter oak (thermal processing — respectively 60 and 90 minutes). At a stage of a silent fermentation in wine the corresponding wood was set and maintained on it for 2 months.

The provided comparative characteristic of organoleptic structure of the received wines showed that the highest tasting assessment (85 points) variant with wood of the winter oak, thermally processed at 195 °C received for 30 mines, then variants with Blagun and TD1 (respectively 83 and 82 points). The smallest assessment was received by variant with TD2 — 77 points.

Key words: variety of wood, white acacia, chestnut ordinary, summer and winter oak, origin and kind of wines, degree of thermic treatment, tuns, organoleptic characteristics of wine composition.

Одержана редколегією 28.12.2012 р.

УДК 664. 669

**Н.О. ФАЛЕНДИШ,
Т.О. ФЕДОРОВА,
О.А. КАЗМІРЧУК**

Національний університет харчових технологій

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА

В статті наведені результати досліджень інноваційної діяльності у виробництві хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення, оскільки в умовах екологічної і економічної кризи першочергове значення для населення України має збагачення звичайного харчування продуктами з лікувально-профілактичними властивостями та натуральними біологічно активними речовинами.

Ключові слова: лікувально-профілактичні властивості, дієтичні вироби, гарбуз, журавлина.

Хліб займає особливе місце у нашому харчуванні. Без хліба неможливо представити харчовий раціон як здорової людини, так і тих хто потребує дієтичного харчування.

За звітними даними хлібопекарської промисловості України дієтичні хлібні вироби складають невелику частку від загального обсягу продукції, що виробляється підприємствами. Питома вага виробів дієтичного призначення складає 0,75...1,25 % від загального обсягу, що становить 2,4 млн. т. Це забезпечує спеціальними сортами лише 12 % хворих, які страждають цукровим діабетом, хронічним ревматизмом, гіпертонією, виразкою шлунку і іншими хронічними захворюваннями. При цьому питома вага окремих груп лікувального хліба в загальному обсязі коливається від 0,01 % для хліба безбілкового з пшеничного крохмалю, до 25,7 % для хлібобулочних виробів із зниженою кислотністю. Така різниця обумовлена, з одного боку, різною потребою в спеціальних výroбах, а з іншої — наявністю відповідної сировини і складністю технологічного процесу [2].

Хлібобулочні вироби лікувального і профілактичного призначення є окремим сегментом в асортименті, тому що мають особливі властивості. Такі продукти дозволяють невідчутно для хворих змінити хімічний склад або енергоємність лікувальних дієт відповідно до порушених метаболічних процесів. Вибір сировини для цієї мети в Україні досить широкий. Це відкриває перед харчовою промисловістю великі можливості в плані використання функціональних добавок. Інтерес до хлібобулочних виробів як об'єкту утворення продуктів з функціональними властивостями неухильно зростає у зв'язку з напруженою екологічною обстановкою в Україні. Найгірші показники стану здоров'я відзначаються серед великих груп населення територій, що постраждали від Чорнобильської катастрофи. В умовах екологічної кризи першочергове значення для населення України має збагачення звичайного харчування продуктами з лікувально-профілактичними властивостями та натуральними біологічно-активними речовинами (БАР), що сприяють виведенню радіонуклідів, токсинів, нормалізації роботи усіх систем організму, підвищенню імунітету.

Науковці все частіше звертають увагу на необхідність вживання продуктів харчування, що містять інгредієнти, які здатні покращити фізіологічні процеси в організмі людини, подовжити активний спосіб життя. Такі продукти називаються оздоровчими. Оздоровчої дії продуктам харчування надають такі біологічно активні речовини, як вітаміни, мінеральні речовини, поліненасичені жирні кислоти, антиоксиданти, харчові волокна, білки. Оскільки хлібні вироби є продуктами повсякденного харчування, надання їм оздоровчих властивостей має велике соціальне значення [1]. Надати хлібу функціональних властивостей можна шляхом включення до його рецептури сировини багатой на біологічно активні речовини.

© Н.О. Фалендиш, Т.О. Федорова, О.А. Казмірчук, 2013

Тому, на сьогоднішній день актуальною є проблема виробництва хліба з лікувально-профілактичними властивостями, тобто хліба, що має підвищений вміст білків, вітамінів, макро- і мікронутрієнтів, низьку калорійність, тобто з комплексним використанням харчової сировини. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є використання продуктів переробки овочевої сировини, в тому числі гарбуза [1], можливості, яких заключаються в покращенні якості хліба, інтенсифікації технологічного процесу, можливості корегування хлібопекарських властивостей борошна, покращення лікувально-профілактичних властивостей готової продукції за рахунок цінного хімічного складу гарбузи, а саме легкозброджувані цукри, азотисті і мінеральні речовини, вітаміни, харчові волокна та інші. Основна його перевага полягає в харчовій і біологічній цінності, низькій калорійності, що дозволяє віднести продукти, які виготовлені з нього, до ряду дієтичних, з необхідною кількістю мікро- та мікроелементів. Для прискорення дозрівання тіста ефективним заходом є внесення в тісто органічних кислот. У нашому випадку для підкислення використовуємо сік журавлини [3], яка у своєму складі містить яблучну кислоту, у невеликій кількості аскорбінову, фолієву, пантотенову кислоти.

На кафедрі технології хлібопекарських та кондитерських виробів НУХТ проводились дослідження впливу нетрадиційної сировини, а саме соку гарбуза та журавлини на перебіг технологічного процесу та якість готових виробів.

З цієї метою досліджували 5 зразків хлібубулочних виробів з додаванням гарбузового та журавлиного соку.

В якості контролю (зразок 1) досліджували булочку виготовлену по традиційній технології: борошно пшеничне вищого сорту, дріжджі пресовані, сіль кухонна харчова, цукор-пісок, маргарин столовий, вода.

Дослідні зразки готували:

– зразок 2 — булочка виготовлена по традиційній технології з додаванням 5 % журавлиного соку та 5 % гарбузового до маси борошна.

– зразок 3 — булочка виготовлена по традиційній технології з додаванням 5 % журавлиного соку та 10 % гарбузового до маси борошна.

– зразок 4 — булочка виготовлена по традиційній технології з додаванням 5 % журавлиного соку та 20 % гарбузового до маси борошна.

– зразок 5 — булочка виготовлена по традиційній технології з додаванням 10 % журавлиного соку та 10 % гарбузового до маси борошна.

Порівняльна оцінка впливу соку гарбуза та журавлини на перебіг технологічного процесу та якість готових виробів

Показники	Зразок № 1(контроль)	Внесено, % до маси борошна			
		Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5
		Тісто			
Масова частка вологи, %	36,0	36,3	36,5	36,2	36,8
Тривалість бродіння, хв			170		
Кислотність кінцева, град	2,0	2,8	2,8	3,0	4,0
Тривалість вистоювання, хв	40	35	35	30	45
Газоутворення за час бродіння і вистоювання, см ³ /100 г тіста	1440	1400	1480	1640	1328
Питомий об'єм, см ³ /г	2,3	2,7	2,6	2,8	2,1
		Готові вироби			
Кислотність, град	2,5	2,6	2,6	2,8	3,6
Стан поверхні		Гладка без тріщин і підривів			
Забарвлення поверхні	Світло-золотисте	Золотисте			
Стан м'якушки		Еластична			
Структура пористості		Середня, рівномірна, тонкостінна			
Аромат	Притаманий булочним виробам	З легким ароматом гарбуза	З легким ароматом гарбуза	Зі значним ароматом гарбуза	З легким ароматом гарбуза

Проведені дослідження показали, що при внесенні 5 % журавлиного і 10 % гарбузового соків структурно-механічні властивості тіста, а саме питомий об'єм покращуються на — 11 %, а при внесенні у тісто 5 % журавлиного і 20 % гарбузового соків структурно-механічні властивості тіста покращилися на 14,5 % від контрольного зразка. Порівнявши контрольний зразок зі зразком № 5 структурно-механічні властивості тіста погіршилися на 10 %, що пов'язано із більшим дозуванням журавлиного соку.

Аналіз отриманих даних показав, що за 3 години бродіння найбільшу газоутворювальну здатність має зразок № 4 (з додаванням 5 % журавлиного і 20 % гарбузового соків), що на 23,5 % більше від контрольного зразка. Ймовірно це пов'язано з тим, що при використанні соку гарбуза і журавлини збільшується кількість вітамінів групи В, та РР, що сприяє інтенсифікації процесу бродіння тіста.

Висновки. За результатами проведених теоретичних і експериментальних досліджень можна зробити висновок, що додавання журавлиного та гарбузового соків сприяє інтенсифікації процесу дозрівання тіста, що в свою чергу призводить до скорочення тривалості дозрівання і вистоявання напівфабрикатів, покращує органолептичні та фізико-хімічні показники хліба.

Дослідження показали, що використання гарбузового і журавлиного соку дозволяє збільшити біологічну цінність хлібобулочних виробів шляхом збагачення їх вітамінами, мінеральними речовинами, харчовими волокнами, продовження терміну зберігання, а також знизити витрати на жир, яйця та цукор.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Азбука харчування.* Лікувальне харчування: Довідник /За ред. Г.І. Столмакової, І.О. Мартинюка. — К.: Світ, 1991. — 208 с.
2. *Атамуратова Т.І.* Автореферат: Применение продуктов переработки тыквы в хлебопекарной промышленности. М.: Мир, 1993. — 26 с.
3. *Кузнецова Н.А.* Пищевая ценность соков из дикорастущих ягод клюквы и черники. — М.: ЦНИИ, 1975. — 32 с.

В статье приведенные результаты исследований инновационной деятельности в производстве хлебобулочных изделий лечебно-профилактического назначения, поскольку в условиях экологического и экономического кризиса первоочередное значение для населения Украины имеет обогащение обычного питания продуктами с лечебно-профилактическими свойствами и натуральными биологически активными веществами.

Ключевые слова: лечебно-профилактические свойства, диетические изделия, тыква, клюква.

N.O. Falendysh, T.S. Fedorov, E.A. Kazmirchuk

The use of fruit and berries in the technology of bread

In the article the brought results over of researches of innovative activity in the production of backwoods of the medical and preventive setting, as in the conditions of ecological and economic crisis a near-term value for the population of Ukraine has enriching of ordinary feed foods with medical and preventive properties and natural bioactive substances.

Researches have shown that the use of pumpkin and cranberry juice can increase the biological value of bread by enriching them with vitamins, minerals, dietary fiber, extending storage, and reduce the cost of oil, eggs and sugar.

Key words: medical and preventive properties, dietary wares, pumpkin, cranberry.

Одержана редколлегією 06.03.2013 р.

І.Г. РАДЗІЄВСЬКА,

О.М. ГРОМОВА

Національний університет харчових технологій

СУМІШЕВІ ОЛІЇ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

Для одержання жирових продуктів із заданим жирнокислотним складом використано метод купажування рослинних олій, який дозволяє одержати харчові продукти із збалансованим складом поліненасичених жирних кислот ω -6: ω -3 і загальноприйнятими смаковими характеристиками. Встановлено суттєве уповільнення швидкості накопичення пероксидів і вільних жирних кислот при купажуванні 35 % горіхової або 40 % рижієвої олії з соняшниковою олією; одержано дані про знижену стабільність сумішевих олій з використанням лляної олії. Технологія може бути використана у виробництві маргаринової і майонезної продукції, м'ясних напівфабрикатів, консервів та ковбас.

Ключові слова: здорове харчування, жирнокислотний склад, купажовані олії-суміші, окиснення, термін зберігання

Дослідження вітчизняних і іноземних вчених показали, що при оцінюванні харчової цінності жирів поряд зі співвідношенням насичених, моно- і поліненасичених (ПНЖК) жирних кислот необхідно також враховувати баланс ПНЖК родини ω -6 (ліноленова, γ -ліноленова, арахідонова) і ω -3 (α -ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова).

ПНЖК можуть надходити з раціоном у різних кількостях, але реалізація їх біологічної дії можлива лише при зазначеному співвідношенні есенціальних кислот. У результаті метаболізму цих кислот в організмі утворюються ейкозаноїди, простагландіни і лейкотрієни, важливі для перебігу процесів фізіологічної і гормональної регуляції, профілактики і лікування хронічних алергічних, аутоімунних, серцево-судинних і онкологічних захворювань.

Тому виникає необхідність визначення норм споживання рослинних олій — основного джерела ненасичених жирних кислот, оскільки різна ступінь дефіциту ПНЖК або, навпаки, високі їх дози можуть викликати порушення їх засвоєння.

За сучасними уявленнями, споживання ПНЖК як есенціального фактора харчування повинно складати 4 – 6 % калорійності добового раціону. Адекватний рівень споживання лінолевої кислоти відповідає 10 г/добу, ліноленової — 1 г/добу (верхній допустимий рівень споживання — 3 г/добу) [1]. При цьому співвідношення лінолевої і ліноленової кислот повинне бути порядку (9...10):1. Для людей літніх і тих, що страждають на серцево-судинні захворюваннями, рекомендований рівень ПНЖК збільшується до 40 %, при цьому співвідношення лінолевої і ліноленової кислот змінюється до значень порядку (3...4): 1 [2]. Тобто співвідношення ω -6: ω -3 ПНЖК в раціоні здорової людини має становити 10:1, а для лікувального харчування — від 3:1 до 5:1 [3].

Найпоширеніші рослинні олії (соняшникова, соєва, ріпакова, пальмова ін.) не володіють оптимальним жирнокислотним і ацилгліцероловим складом і тому не влаштовують споживачів, які дотримуються здорового способу життя.

У Європі купажі з різних видів олій дуже популярні, проте в українців культура споживання такого продукту ще не сформована. Українці споживають олії, що містять жирні кислоти родини ω -6, здебільшого соняшникову олію, і практично виключили зі свого раціону продукти, багаті на кислоти родини ω -3 — лляну, ріпакову, рижієву олії, та з грецького горіха. Олію із заданим збалансованим складом жирних кислот можна одержати методом змішування (купажування) двох-трьох олій з відомим жирнокислотним складом [1]. Економічна ефективність і простота технології одержання купажованих олій виводять їх виробництво в розряд найбільш актуальних і перспективних.

Мета роботи — встановити принципову можливість підбору складу купажованих олій зі збалансованим жирнокислотним складом, подовженим терміном зберігання та традиційними органолептичними властивостями.

Дослідження проведені в лабораторії кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів НУХТ та в хроматографічній лабораторії Науково-дослідного центру випробувань продукції «Укрметртестстандарт».

Нами проаналізовано склад жирних кислот 15 традиційних та екзотичних олій і встановлено вміст насичених, моно- та поліненасичених жирних кислот, зокрема родин ω -6 та ω -3 (табл.).

Жирнокислотний склад олій

№	Зразок	Вміст жирних кислот, %			
		НЖК	МЖК	ω -6 ПНЖК	ω -3 ПНЖК
1	Соняшникова	11,34	25,98	62,58	0,10
2	Кунжутна	15,33	39,27	45,04	0,36
3	Лляна	10,24	17,90	14,57	57,26
4	Гарбузова	19,80	21,66	58,40	0,14
5	Кавова	46,07	9,65	42,94	1,29
6	Мигдальна	7,27	71,02	21,71	0,00
7	Пшенична	19,60	16,32	57,03	6,92
8	Обліпихова	29,30	48,81	16,85	4,95
9	Рижієва	9,94	33,86	19,41	35,03
10	Конопляна	10,76	14,90	58,18	16,10
11	Грецького горіха	8,20	16,84	61,36	13,6
12	Кедрова	7,55	27,67	62,96	1,25
13	Амарантова	18,44	26,22	53,74	1,52
14	Абрикосова	5,93	79,36	20,65	0,00
15	Виноградна	11,52	19,88	68,15	0,45

Аналіз досліджуваних олій показує суттєві відмінності у їх складі. Основою для складання купажу обрано соняшкову олію. Це традиційний недефіцитний продукт щоденного попиту і споживання. Смак соняшкової олії український споживач оцінює як «правильний», нейтральний. Однак олія з насіння соняшнику містить переважно ПНЖК родини ω -6 (62,58 % у наших дослідженнях), а співвідношення ω -6: ω -3 ПНЖК не відповідає формулі збалансованого харчування. Тому нами було розраховано жирнокислотного складу купажів «соняшникова × кожна з нетрадиційних олій» у наступних співвідношеннях: 50×50; 55×45; 60×40; 65×35; 70×30; 75×25; 80×20; 85×15; 90×10; 95×5. Для наступних досліджень обрано купажі, жирнокислотний склад яких знаходиться у межах, рекомендованих дієтологами: співвідношення кислот ω -6 до ω -3 від 10:1 до 3:1. Це:

№ 1 — Соняшникова олія 65 % × олія грецького горіха 35 %,

№ 2 — Соняшникова олія 75 % × лляна олія 25 %,

№ 3 — Соняшникова олія 60 % × рижієва олія 40 %.

Соняшникова олія — головна харчова олія України, на її частку якої припадає s вітчизняного виробництва олій. Основою жирнокислотного складу соняшкової олії є незамінна лінолева кислота, якій притаманна висока біологічна активність та здатність прискорювати метаболізм ефірів холестеролу. Соняшникова олія регулює обмін речовин, підвищує стійкість організму до інфекцій, нормалізує кровотворення. Це традиційний недефіцитний продукт щоденного попиту і споживання.

Лляна олія відзначається високою біологічною цінністю через високий вміст кислот родини ω -3. Олія легко окиснюється, тому необхідно ретельно оберігати її від контакту з повітрям і світлом.

Олію грецького горіха отримують методом холодного віджиму; це природне джерело вітамінів, мінералів, мікроелементів. Олія грецького горіха покращує обмінні процеси в організмі і рекомендована для вживання у період відновлення після перенесених хвороб та операцій. Олія захищає організм від дії канцерогенних речовин, підвищує опірність організму радіаційному опроміненню, виводить радіонукліди, володіє протипухлинною дією.

Нерафінована рижієва олія має специфічний редьковий смак, може бути використана в якості дієтичного продукту для хворих з серцево-судинною патологією або у повсякденному харчуванні як добавка до готових гарячих страв з профілактичною метою [4].

Як природні індивідуальні рослинні олії, так і їх суміші в процесі зберігання піддаються окисненню і гідролізу, що в подальшому може призводити до небажаних змін складу жириного продукту та істотно погіршувати його якість та безпечність. У суміші рослинних олій присутні рослинні олії з різним жирнокислотним складом і поведінка таких купажів при зберіганні може відрізнятися від окиснюваності індивідуальних олій.

Основними контрольованими показниками зміни якості олій при зберіганні є пероксидне та кислотне числа. Дослідження окиснювальної стабільності купажів проводили при зберіганні за кімнатної температури при вільному доступі світла та повітря (автоокиснення). Зразки жирних купажів зберігали у скляних стаканчиках за температури 20 ± 2 °С. В якості контролю використовували соняшникову олію. У процесі зберігання через кожні 7 днів відбирали проби для визначення пероксидного числа (ПЧ). Окиснення купажів припиняли, коли ПЧ досягало значення більше 10 ммольSO/кг (рис. 1). При перевищенні цього значення рослинна олія вважається небезпечною для здоров'я і переходить у категорію неїстівного продукту. З рисунку видно, що у початковий момент окиснення ПЧ соняшnikової олії є найменшим серед усіх досліджуваних зразків. Але вже на 14 день зберігання, після закінчення індукційного періоду, швидкість окиснення контролю різко зростає. На 28-й день зберігання ПЧ купажу № 2 досягло 16,5 ммоль SO/кг, що перевищує аналогічний показник в контролі. А найдовший термін зберігання мають купажі № 3 та № 1: Внесення олії грецького горіха та рижієвої олії у кількості 35 і 40 % відповідно уповільнює зростання величини ПЧ.

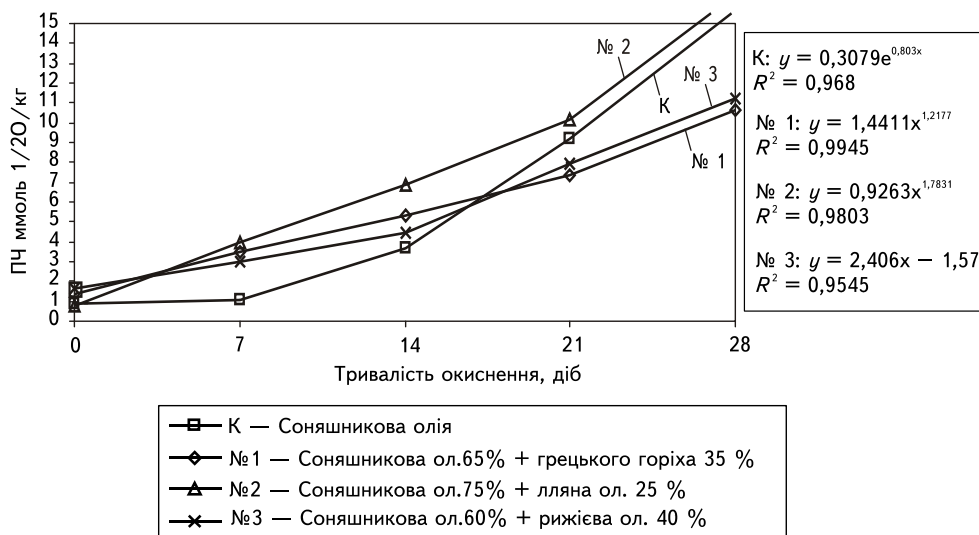


Рис. 1. Зміна пероксидних чисел купажованих олій протягом 28 дів

Час досягнення ПЧ = 10 ммоль¹/₂O/кг представляє собою гарантійний термін зберігання олій. Встановлено, що добавка лляної олії у кількості 25 % негативно впливає на стабільність соняшnikової олії, такий окиснюється швидше, ніж інші купажі. Найдовший термін зберігання — 27,5 дів при вільному доступ повітря і світла — має купаж № 1 з вмістом 35 % олії грецького горіха. Високою стійкістю відзначається також зразок № 3, термін зберігання якого становить 25,7 дів.

Таким чином, високою стабільністю до окиснювальних процесів відзначаються купажі соняшnikової олії з рижієвою та олією грецького горіха. Такі купажі доцільно застосовувати при лікуванні і профілактиці атеросклерозу, для підвищення ефективності дієтотерапії і корекції порушень ліпідного обміну у хворих на цукровий діабет II типу, хвороб серцево-судинної системи. За рівнем собівартості та відпускнуою ціною розроблений продукт може конкурувати з відомими аналогами. За нашими розрахунками, проведеними у грудні 2011 р., повна собівартість 1 тони купажу соняшnikово-рижієвої олії становить 14803 грн., відпускна ціна 1 л — 19,69 грн. при фасуванні у ПЕТ-пляшку.

Висновки. В результаті проведених досліджень уточнено склад жирних кислот виноградної, абрикосової, амарантової, кедрової, конопляної, рижієвої, обліпихової, пшеничної,

мигдальної, кавової, гарбузяної, лляної, кунжутної, соняшникової олій та олій з грецького горіха. Виявлено, що купажування традиційної соняшникової олій з іншими видами рослинних олій розкриває можливість вирішення двох завдань: підвищує їх стійкість до окиснювального псування та покращує біологічну цінність жиру за рахунок оптимальної збалансованості жирнокислотного складу. Тому цей вид жирових продуктів є пріоритетним щодо їх харчової цінності. Доцільність промислового застосування нової технології підтверджена розрахунком економічної ефективності від впровадження розробки та її соціальною значимістю.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Основи* раціонального і лікувального харчування / П.О. Карпенко, С.М. Пересічна, І.М. Грищенко, Н.О. Мельничук / за аг. ред. П.О. Карпенка. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2011. — 504 с.
2. *Рыженков В.Е.* Особенности влияния насыщенных и ненасыщенных жирных кислот на обмен липидов, липопротеидов и развитие ишемической болезни сердца / В.Е. Рыженков // Вопросы питания. — 2002. — № 3. — С. 40 — 45.
3. *Окара А.И.* Управление жирно-кислотным составом и потребительскими свойствами растительных масел—смесей путем оптимизации рецептур / А.И. Окара, К.Г. Земляк // Масложирова промышленность. — 2009. — № 2 — С. 8 — 10.
4. *Тихомирова Н.А.* Технология продуктов функционального питания / Н.А. Тихомирова. — М.: Фрэнтэра, 2002. — 213 с.

Для получения жировых продуктов с заданным жирнокислотным составом использован метод купажирования растительных масел, который позволяет получить продукты питания со сбалансированным составом полиненасыщенных жирных кислот ω -6: ω -3 и общепринятыми вкусовыми характеристиками. Установлено существенное замедление скорости накопления пероксидов и свободных жирных кислот при купажировании 35 % орехового или 40 % рыжикового масла с подсолнечным маслом; получены данные о пониженной стабильности смесевых масел с использованием льняного масла. Технология может быть использована в производстве маргариновой и майонезной продукции, мясных полуфабрикатов, консервов и колбас.

Ключевые слова: здоровое питание, жирнокислотный состав, купажированные масла-смеси, окисление, срок хранения

I.G. Radzyevska, O.M. Gromova

Mixed oil for healthy eating

Analysis of vegetable oils shows that none of them has a fatty acid composition, which will provide revenues to the human body essential fatty acids in sufficient quantity and proper ratio. For fat products with a given fatty acid composition of the method of blending vegetable oils, which allows a food with a balanced composition of polyunsaturated fatty acids, ω -6: ω -3 and traditional flavor characteristics. The object of the study were two-component composition of traditional sunflower oil and non-traditional flaxseed, camelina and walnut oil. Natural individual oils and their mixtures in storage are oxidative and hydrolytic changes that lead to undesirable changes in lipid composition of the product and significantly worsen the quality and safety. The main indicators of changes in oil quality during storage are peroxide and acid numbers are determined by standard methods. We found a significant slowing down the speed of accumulation of peroxides and free fatty acids by blending 35 % walnut oil or 40 % camelina oil with sunflower oil. Obtained data on the reduced stability of vegetable oils mixed with flaxseed oil, which raises the problem of finding natural antioxidants that can influence the course of oxidative and hydrolytic processes mixed oils.

This development does not require additional capital costs for equipment modernization, automation, computer technology and can be realized on existing production lines manufacturing equipment. Technology can be used in the manufacture of margarine and mayonnaise products, meat products, canned and smoked sausages.

Key words: healthy diet, fatty acid composition, oil-mixture, oxidation, storage life.

Одержана редколегією 21.03.2012 р.

**В.М. ІЩЕНКО,
Т.П. КОЛОТУША,
О.М. ПОЛУМБРИК**

Національний університет харчових технологій

ВИКОРИСТАННЯ БЕНТОНІТІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

В статті проаналізовано склад і сорбційні властивості бентонітових глин та їх використання в харчових технологіях. Показано, що у якості сорбентів для виноробної промисловості доцільно використовувати натрієві або кальцієві бентоніти, а для сорбційної рафінації олій — бентоніти, активовані неорганічними кислотами.

Ключові слова: бентоніти, сорбційні властивості, освітлення виноматеріалів, рафінування олій.

Природні бентоніти — один з видів природних дисперсних сорбентів, які після хімічного модифікування застосовують в багатьох виробничих процесах, зокрема, в харчових технологіях [1]. Суттєвою перевагою таких сорбентів є їх екологічність, оскільки вони не викликають додаткового забруднення довкілля.

Бентоніти — це порода, яка складається в основному із смектитових мінералів. В групу смектитів входять кілька мінералів: монтморилоніт, бейделіт, нонтроніт та інші, менш поширені. Кристалічна ґратка всіх смектитів має шарувату структуру. В елементарну комірку, звичайно, входять 3 шари, які утворюють пакет. Верхній і нижній шари пакету складаються із тетраедрів $Al_1Si_0_4$. Між тетраедричними шарами розміщується шар, який складається із октаедрів Al_1Fe_1 .

Такий трьохшаровий пакет має негативний заряд, який обумовлюється заміщенням тривалентних елементів (Al_1, Fe_1) в октаедричному шарі на двовалентні (Mg, Fe) або чотиривалентного елемента Si на тривалентний Al_1 в тетраедричному шарі.

Завдяки негативному заряду на поверхні пакету розміщуються позитивнозаряджені катіони. Це головним чином $Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}$ і Fe^{3+} . Внаслідок взаємодії з водою цих катіонів можуть утворюватись гідратні оболонки, і агрегат пакетів при цьому набухає. Характерно, що об'єм гідратної оболонки для різних катіонів відрізняється. Найбільшу гідрофільну здатність мають йони лужних металічних елементів і в першу чергу Натрій.

Здатність бентонітів набухати, збільшуючись в об'ємі від двох до двадцяти разів, надзвичайно важлива властивість для їх промислового використання. Серед смектитів найвищу здатність до набухання має монтморилоніт, в якому головним обмінним катіоном є Натрій. Ці бентоніти дістали назву лужних бентонітів. Бентоніти, в яких серед обмінних катіонів переважає Кальцій, дістали назву кальцієвих. Крім Кальцію, в монтморилоніті може бути і Магній, причому в деяких різновидностях його може бути більше по відношенню до Кальцію. До істинних бентонітів, у відповідності з вимогами сучасної промисловості, відноситься монтморилонітова глина, в якій вміст монтморилоніту більше 70 %. Як правило, найбільше монтморилоніту міститься у другому горизонті продуктивної товщі глин. В таблиці 1 наведено склад глин Дашуківського родовища (Черкаська область).

Таблиця 1. Усереднений хімічний склад глин Дашуківського кар'єру (мас. %) [2]

Компоненти	1 горизонт	2 горизонт	3 горизонт	4 горизонт	5 горизонт
SiO_2	48,6	59,92	55,2	58,89	56,05
Al_2O_3	13,73	14,78	11,74	11,05	13,30
TiO_2	0,72	0,75	0,34	0,55	0,62
Fe_2O_3	5,98	6,95	6,95	6,24	7,46

Компоненти	1 горизонт	2 горизонт	3 горизонт	4 горизонт	5 горизонт
FeO	0,49	0,07	0,2	0,2	0,42
MnO	0,05	0,08	0,34	0,18	0,04
MgO	2,71	2,26	5,08	1,31	3,49
CaO	8,84	1,73	1,25	4,47	1,18
Na ₂ O	1,53	0,35	0,26	0,44	0,09
K ₂ O	1,16	0,23	1,12	1,14	3,21
SO ₃	0,23	0,15	0,1	0,15	0,24
P ₂ O ₅	0,07	0,05	0,055	0,06	0,06
В. п.п.*	12,89	8,42	11,76	11,35	6,32
Сума	97	100	98,85	98,7	101,3
Адсорбована вода	8,3	10,67	9,97	10,17	8,83
Сорг.*	0,55	0,08	0,08	0,1	0,2

*В.п.п. — втрати при прожарюванні; *C_{орг.} — вміст органічних речовин

Загальними фізико-хімічними характеристиками бентонітових глин є питома поверхня, дисперсність (розмір частинок), бентонітове число (здатність до набухання), показник адсорбції, термостабільність тощо. Наразі багато закордонних та вітчизняних фірм випускають промислові зразки бентонітів, які в залежності від цих характеристик мають певні марки.

Для надання сорбційних та інших цінних властивостей бентоніти піддають активації, для чого використовують різні фізичні та хімічні методи [3]. В результаті активації вибірково змінюється хімічний склад бентонітів, що призводить до збільшення питомої поверхні, питомого об'єму пор, кислотності поверхні, збільшується термостабільність та інші важливі характеристики матеріалу. М'яка активація, наприклад йонний обмін в розчинах солей і розведених кислотах, не змінюють структурну матеріалу, а модифікують тільки властивості поверхні. Обробка бентонітів концентрованими розчинами кислот може привести до повного руйнування вихідної кристалічної структури глини, що дозволяє одержати глину з високою питомою поверхнею. Для активації бентонітових глин найчастіше використовують сульфатну або хлоридну кислоту, хоча є приклади використання фосфатної та оксалатної кислот; концентрація кислоти може змінюватись від 1 до 10 моль/л [4].

Про сорбційні властивості глин та їх використання для освітлення вин повідомлялось ще в 60-і роки минулого сторіччя [5]. Наразі ряд провідних зарубіжних фірм та вітчизняні виробники випускають промислові препарати бентонітів для виноробної промисловості. Такі препарати повинні відповідати вимогам ОСТ 18-49-71. «Бентонит для винодельческой промисленности» (табл. 2).

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості бентонітів для виноробної промисловості

Найменування показника	Вологість, %	pH водної суспензії	Набухання, %	Речовини, розчинні в 10% оцтовій кислоті, г/100г	Вміст Са в оцтовій витяжці, мг/100 г	Вміст Fe в оцтовій витяжці, мг/100 г	Мутність в см ³ 0,1 н р-ну H ₂ SO ₄ на 100 г бентоніту	Вміст піску та інших грубодисперсних домішок %	Адсорбція протеїнів, %
Норма по ОСТ-18-49-71	5 – 10	Не більше 9	Не менше 80	Не більше 5	Не більше 60	Не більше 80	30 – 40	Не більше 4	Не менше 25

Дослідження фізико-хімічних показників більше 30 зразків бентонітів, які використовуються у виробництві, проведено в [6]. Автор відмічає, що деякі із показників виходять за межі нормативних документів. Зокрема, показнику лужності відповідав тільки 14 % всіх зразків, які досліджувались.

Встановлено, що натрієві бентоніти, які характеризуються високим поверхневим зарядом, доцільно використовувати для виноматеріалів з підвищеним вмістом білкових речовин, в першу чергу білих столових вин, а активовані кальцієві — для червоних та міцних виноматеріалів.

Завдяки цінним адсорбційним властивостям бентоніти можуть успішно використовуватись і для очистки олій та жирів. Природні олії та жири завжди містять пігменти, що

забарвлюють їх в специфічний колір. Оскільки рафіновані олії і саломаси, виготовлені на їх основі, повинні бути світлими, виникає потреба в їх додатковій обробці для обезбарвлення.

Природа та будова забарвлених речовин в оліях різна, але всі вони мають певну ступінь полярності, тому для адсорбційної рафінації слід застосовувати полярні адсорбенти, які мають достатню вибірковість та активність. Для цієї мети найбільше підходять сорбенти, які одержують із бентонітових глин, активованих неорганічними кислотами. Дослідження показують [7], що на характеристики одержаних сорбентів впливає концентрація кислоти, тривалість обробки кислотою та наступної стадії термообробки сорбенту.

При проведенні самого процесу очистки, крім фізико-хімічних характеристик сорбенту, має значення температура процесу, кількість адсорбенту та час його контакту з маслом [8].

Україна має великі родовища бентонітових глин, проте систематичних досліджень їх фізико-хімічних властивостей майже не проводиться. Тому перед науковцями стоїть завдання по дослідженню властивостей бентонітів, які б задовольняли потреби харчової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Handbook of Clay Science*. Edited by Bergaya, V.K.G. Theng, G. Lagaly. Elsevier Ltd, 2006. — 1224 p.
2. *Черкаское месторождение бентонитовых и палыгорскитовых глин* / [Овчаренко Ф.Д., Кириченко Н.Г., Островская А.Д., Довгий М.Г.]. — К.: Наукова думка, 1996. — 124 с.
3. *Баталова Ш.Б.* Физико-химические основы получения и применения катализаторов и адсорбентов из бентонитов / Баталова Ш.Б. — Алма-ата: Наука, 1986. — 168 с.
4. *Оптимизация кислотной обработки бентонитовых глин отечественных месторождений* / Панкина Г.В., Чернавский П.А., Локтева Е.С., Лунин В.В. // Вестн. Моск. ун-та. — Сер. 2. Химия. — 2010. — Т. 51, № 2. — С. 75 — 80.
5. *Гвелесиани В.П.* Осветление вина бентонитовыми глинами / Гвелесиани В.П. — М.: Пищевая промышленность. 1964. — 20 с.
6. *Чурсина О.А.* Физико-химическая и технологическая оценка бентонитов, используемых в виноделии. / Чурсина О.А. // Виноградарство и виноделие. Сборник научных трудов. — 2010. — Т. XL. — С. 95 — 98.
7. *Композиционные наноматериалы на основе кислотно-активированных монтмориллонитов* / Фаневич В.П., Аллерт Н.А., Карпова Т.Р., Дуплянкин В.К. // Рос. хим. журн. — 2007. — Т. LI, № 4. — С. 69 — 74.
8. *Пат. 2392299 Российская Федерация, МПК⁷ C11B3/00.* Способ адсорбционной очистки растительных масел / Бакун В.Г., Савостьянов А.П., Пономарев В.В. №2008119153/13; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 17 — 5 с.

В статье проведен анализ состава и сорбционных свойств бентонитовых глин и их использование в пищевых технологиях. Показано, что в качестве сорбентов для винодельческой промышленности следует использовать натриевые или кальциевые бентониты, а для сорбционной рафинации масел — бентониты, активированные неорганическими кислотами.

Ключевые слова: бентониты, сорбционные свойства, осветление винома- териалов, рафинирование масел.

V.M. Ishchenko, T.P. Kolotusha, A.M. Polumbryk *Using bentonites in the food industry*

The article analyzes the composition and sorption properties of bentonite clays and their use in food technology. It is shown that sodium or calcium bentonite clays are more suitable as adsorbents for the wine industry while bentonite clays, activated with inorganic acids are suitable for adsorption refining of vegetable oils.

Ukraine has large deposits of bentonite clays, but systematic studies of their physico-chemical properties is almost done. Therefore, the researchers are challenged to study the properties of bentonites that would meet the needs of the food industry.

Key words: bentonite, sorption properties, fining of wine, refining of oils.

Одержана редколлегією 27. 02. 2012 р.

УДК 637.3

**А.Є. ВЕЛИЧКО,
І.В. МАСЛОВА**

*Степовий зональний науково-дослідний центр
продуктивності агропромислового комплексу*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЕРЕРОБКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕТОДА БАКТОФУГУВАННЯ

В статті досліджено ефективність переробки молочної сировини при застосуванні метода бактофугування в сироварінні та економічну ефективність від впровадження новітніх технологій переробки молочної сировини.

Ключові слова: маслянокисле спучування, бактофугування, мікробіально чисте молоко, мікрофлора, сиропридатне молоко.

Зростання ефективності молокопереробних підприємств в першу чергу залежить від якості молочної сировини, тому сьогодні сучасне виробництво (особливо у сироварній галузі) висуває високі вимоги до якості молока. Його контролюють на наявність спор мезофільних, анаеробних, лактозброджуючих та маслянокислих бактерій. Молоко не повинне містити значної кількості газотворюючої мікрофлори та маслянокислих бактерій, що викликають як ранне так і пізні спучування сирів. Маслянокислі бактерії утворюють спори, які не гинуть при пастеризації. Розвиваючись у сирі, ці мікроорганізми сприяють утворенню неприємної по смаку масляної кислоти й водню, що приводить до появи численних вічок, тріщин і спучуванню сиру.

Одним з шляхів очищення молока є використання фільтрів, сепараторів-молокоочищувачів; а для мікробіально чистого молока — устаткування для відділення бактерій і мікроорганізмів, яке забезпечує абсолютне очищення. Такий спосіб зветься «відцентрове бактовідділення» або «бактофугування».

Метод бактофугування розроблений в Бельгії, а з 1962 року застосовується у промислових масштабах у ряді європейських країн (ФРН, Бельгії, Нідерландах). В основу ефекту бактофугування (П. Симонар та ін.) покладено спільну дію відцентрової сили та нагрівання. Даний метод неодноразово розглядався в наукових працях Г.Г. Шилера, Б.Ф. Богомолова, А.М. Шалигіної та інших вчених. Виробництво високоякісних молочних продуктів (особливо сирів) за новітніми технологіями потребує високоякісної сировини з кількістю бактерій або спор не більше 1000 — 3000 на літр, тому застосування метода бактофугування у промислових масштабах має велике значення для зростання ефективності виробництва молочних продуктів.

Мета статті — розглянути ефективність застосування метода бактофугування при переробці молочної сировини та її вплив на зростання продуктивності виробництва.

Метод відцентрового бактовідділення знайшов застосування в різних промислових технологіях молочної галузі, але найбільше поширення він одержав у сироварінні в закордонних країнах, де його використовують для очищення молока від спор *Clostridium tuberculosum*, присутність яких викликає в сирах появу пороків, пов'язаних з маслянокислим бродінням.

Бактофугування — процес, у якому передбачена спеціальна конструкція герметичної центрифуги (бактофуги), за допомогою якої проводиться сепарування (відділення) бактерій і непророслих спорових форм специфічних бактеріальних штамів, що присутні у молоці. Шляхом бактофугування молока після специфічної гравітації ефективно знижується кількість спор.

© А.Є. Величко, І.В. Маслова, 2012

Бактофуговане молоко нормалізується сепаруванням по фракціях більш-менш звільненим від бактерій. Застосування його для поліпшення якості молока у виробництві якісного сиру та сухих молочних продуктів вважається об'єктивним моментом. Для одержання якісної молочної сировини необхідне зниження кількості спор *Vacillus cereus*. Температуру перед бактофугуванням вибирають як для сепарування, тобто 55 – 65 °С або миттєву 60 – 63 °С.

Є два типи бактофугування й два типи апаратів, тобто:

- двофазна бактофуга;
- однофазна бактофуга.

Двофазна бактофуга має два випускних отвори у верхній частині: один для постійного розвантаження важкої фракції (бактофугата) через спеціальний верхній диск і один для бактеріально ослабленої фракції. Однофазна бактофуга має один випускний патрубок для виведення бактеріально очищеного молока; осад бактофугата збирається в просторі резервуара й вивантажується періодично через клапан.

Ці два типи бактофуг дають можливість обирати варіанти комбінованого устаткування з оптимальними бактеріологічними вимогами до молока. Принцип дії заснований на тім, що щільність мікроорганізмів перевищує щільність молока, тому вони можуть осідати під дією відцентрової сили й віддалятися. На практиці ця операція виконується в потоці з попереднім очищенням молока (фільтрування, очищення на сепараторах-молокоочищувачах), але бактофуги мають більш високу частоту обертання, а величина відцентрового прискорення на краях тарілок або в приймачах шламу становить від 7 до 9000 g (g-локальне прискорення сили ваги). Бактерії, що збираються в периферійній частині барабана, поступово віддаляються у вигляді суспензії. Обсяг цієї суспензії називається бактофугатом, концентратом або шламом і залежить від кількості й діаметра сопел. У середньому бактофугат становить 2 – 3 % обсягу оброблюваного молока, але може досягти й більше 4 %. У наш час є моделі бактофуг з барабаном, що відкривається автоматичною системою очищення, програмувальне спрацювання яких (наприклад, протягом 15 – 20 секунд через кожні 20 – 40 мін) дозволяє здійснювати розвантаження шламоприймальників без зупинки устаткування. У цьому випадку осад приділяється разом зі шламом.

Ефективність такого очищення виражається у відсотках бактерій, що видаляються зі шламом у процесі центрифугування; їх розраховують у молоці до й після центрифугування. Це робиться або шляхом періодичного відбирання проб у процесі обробки, або за допомогою безперервного відбирання пропорційної частини молока, що проходить через систему, або на основі разових відбирань проб збірного молока. Останній спосіб більш складний і не завжди виявляється показовим. У цьому випадку надійне визначення ефективності бактофугування можливо лише в тому випадку, якщо після обробки залишається достатня для підрахунку кількість бактерій.

Уже на початку своїх досліджень розробники описаної технології встановили, що на ефективність роботи у значній мірі впливає температура, при якій проводиться центрифугування молока. Вони намагалися пояснити це тим, що підвищення температури нібито сприяє сепарації, знижуючи в'язкість молока, тому бактофугування майже завжди проводиться при температурах, що лежать у межах між 56 і 57 °С і при температурах пастеризації (72 – 74 °С). Це означає, що в більшості випадків бактофугування монтують після установок термізації або пастеризації (або у відгалуженні лінії секцій регенерації), у результаті чого молоко перетерплює додаткову витримку, який не слід зневажати.

Що стосується звичайної мікрофлори молока, то частина може знищуватися й в процесі нагрівання (ефект теплової витримки). Тому складно визначити дійсну ефективність тільки центрифугування; через це в більшій частині даних, що стосуються відсотка видалення бактерій, мова йде про спільну дію обох видів обробки. У різних авторів розбіжності спостерігаються також і між даними, отриманими в ході декількох випробувань, що проводилися в рамках одного експерименту: так, при температурі від 55 до 57 °С зазначені значення змінюються в межах від 56 до 97 %, а при температурах 62 – 63 °С — від 80 до 99 %. Це залежить як від ефективності центрифугування, так і від кількості й типу мікроорганізмів та попередньої обробки молока. При сполученні центрифугування молока з пастеризацією з'являється можливість підвищення ефективності останньої: наприклад, якщо пастеризація при 72 °С дозволяє знищити

99,2 % загальної кількості бактерій, то її проведення в сполученні з бактофугуванням при температурі 55 – 56 °С дозволяє довести загальний розмір зменшення кількісного вмісту бактерій і спор до 99,83 %.

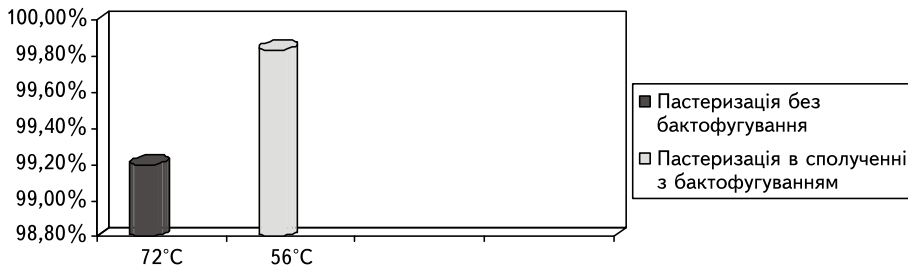


Рис. 1. Якість очищення молока при температурі пастеризації та при спільному використанні нагрівання та бактофугування

Рисунок 1 наочно показує, що бактофугування разом із нагріванням дозволяє досягти майже стовідсоткового очищення молока від бактерій при значно нижчій температурі.

Ця технологія використовується в основному як засіб очищення молока від спор маслянокислих бактерій. Від цих спор позбуваються й подвійною пастеризацією з інтервалом у часі 8 – 10 годин. Спори проростають, і молоко повторно пастеризують, таким чином домагаються тих же результатів, що й бактофугуванням.

Вплив температури на ефективність бактовідділення пояснюється не тільки змінами в'язкості молока, але також, досить імовірно, і присутністю аглютининів. У період лактації коров'яче молоко, крім інших білків, містить імуноглобуліни, що володіють антигенними властивостями й здатністю до аглютинації (злипання, склеювання) молочнокислих бактерій: стрептококів групи N і лактобацил. Результат аглютинації виражається у піднятті скупчень аглютинійованих бактерій разом з вершками в молоці підвищеної жирності або в осадженні цих скупчень у знежиреному молоці. Це веде до фізичного поділу бактерій, що виражається в скороченні їхнього росту й зменшенні кількості вироблюваної ними кислоти. Це стосується молозивного й стародійного молока.

Було доведено, що молоко містить антитіла, здатні аглютинювати спори *C.turobuturicum* і (або) нести їх разом з жировими кульками. Ці аглютиніни, частково інактивовані при 75 °С, повністю інактивуються при 80 °С і повинні відігравати роль обмежуючого фактора у видаленні спор центрифугування доти, поки температура не стане досить високою для їхнього знищення.

Приводячи в цілому до зниження кількості спор *C.turobuturicum* у вихідному молоці, зазначений метод бактофугування впливає на появи пороку — пізнього спучування, що залежить від ступеня бактеріального забруднення молока. Дійсно, ефективність центрифугування як засобу попередження цього пороку визначається початковою забрудненістю молока, відсотком віддалення мікроорганізмів, тобто умовами використання устаткування, типом виготовленого сиру, технологією його виробництва й тривалістю дозрівання. Ефективність може бути самою різною, починаючи від звичайної затримки в появі названого пороку й кінчаючи повним його зникненням. При виробництві сиру з високою температурою другого нагрівання центрифугування при температурі 60 – 63 °С звичайно дозволяє уникати появи пороку маслянокислого спучування, якщо ступінь забруднення молока не перевищує 1000-3000 спор на літр. При великому забрудненні положення змінюється — при аналізі все-таки виявляються аномальні концентрації масляної кислоти. Напроти, для сиру типу «Гауда» центрифугування недостатньо для того, щоб перешкоджати появі пороку, навіть якщо кількість спор становить менш 1000 на літр. Для підвищення ефективності в такому випадку проводять внесення в молоко 2,5 г нітрату на 100 л молока (якщо не застосовувати центрифугування необхідна доза нітрату становить 15 г на 100 л). Крім знищення маслянокислого бродіння, бактофугування не робить помітного впливу ні на технологію виготовлення й склад сиру, ні на його органолептичні властивості, але впливає

на зміну консистенції сирного тіста, яка стає більш еластичною й більш щільною, особливо у сирів з високим другим нагріванням.

І, нарешті, варто брати до уваги, що одне з незручностей бактофугування полягає в утворенні концентрату, або бактофугата, тобто знежиреного молока, що відводиться через отвори в барабані центрифуги (за допомогою промивань водою) й утримуючого бактерії й важки фракції казеїнів. При бактофугуванні також відзначається зниження вмісту білків у межах від 0,5 до 1,5 г/л обробленого молока, при чому втрати виходу сиру становить від 4 до 9 %. Слід зазначити, що в цьому випадку мова йде про сиропридатне молоко, яке у нас відсутнє незважаючи на вимоги ДСТУ. Концентрат практично не містить жирів, але вміст у ньому сухої речовини може досягти 18 %, а білків — 13 %. В Україні при використанні бактофугування вже переконалися, що при низькій якості сировини немає виходу продукції, а бактофугат (концентрат), через сильне бактеріальне й механічне забруднення викорис-товувати просто неможливо.

При сепаруванні 100 т молока на сепараторах-молокоочисниках збирається до 2 тонн відходів з механічними включеннями. Для такого молока бактофугування буде супроводжуватися більшими втратами сировини, а закваски прямого внесення «не переможуть» технічно шкідливу мікрофлору. У такому випадку потрібна наступна технологічна схема: скоротити перебування молока на заготівельних пунктах; очищення молока повинне проводитися під час приймання молока, з термізацією (62 — 65 °С і витримкою до 40 сек.); витримка молока 8 — 10 годин при температурі 4 — 6 °С (для проростання спор, що залишилися) і наступною пастеризацією при температурі 76 °С із витримкою до 40 сек. (знищення пророслих спор); закваски повинні бути активними, але не прямого внесення. Чим нижче якість молока, тим більша кількість закваски необхідно вносити (до 3 %).

Наведені дані засвідчують, що при виробництві високоякісних сирів метод бактофугування дозволяє запобігти не тільки появи пороків, пов'язаних з маслянокислим бродінням, але й значно знизити вміст шкідливих речовин (нітратів), що позитивно впливає на споживацьку привабливість продукції. Таким чином простежується пряма залежність між обробленням молочної сировини методом бактофугування та ефективністю виробництва молочних продуктів. Купівельний попит потенціального покупця розповсюджується на більш якісні молочні продукти, відповідно зростає обсяг реалізованої продукції, що впливає на зростання прибутковості виробництва, і, як наслідок, на підвищення його продуктивності та ефективності.

На восьми провідних молокопереробних підприємствах Дніпропетровській області широко застосовується новітнє прогресивне устаткування, в тому числі і бактофуги, їх впровадження у виробництві дало помітний позитивний результат. Аналіз матеріалів обстеження означених підприємств засвідчив, що за останні роки динаміка їх розвитку носить позитивний характер. За прогнозом станом до 2015 року очується зростання обсягів виробленої продукції у порівнянних цінах на 15,9 %, в тому числі сирів — 42,9 %, обсяг реалізованої продукції (робіт, послуг) — на 24,9 %, фонд оплати праці на 17,2 %, прибуток досягне 35582,1 тис.грн.

Висновки. Ефективність переробки молочної сировини методом бактофугування полягає у доведенні молока до мікробіальної чистоти спільною дією відцентрової сили та нагрівання з метою виробництва високоякісних сирів без пороків, пов'язаних з маслянокислим бродінням. Продукція сироробних заводів, що застосовують означене новітнє прогресивне устаткування відрізняється високою якістю, тривалим строком зберігання і, як наслідок, більш високою привабливістю для споживачів. Таким чином, метод бактофугування через підвищення якості продукції дозволить підвищити конкурентоспроможність сироробних підприємств, що вплине на зростання ефективності і продуктивності виробництва. Застосування даного метода на сироробних підприємствах України сприятиме покращенню якості молочних продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Технология* молока и молочных продуктов / под ред. проф. А.М. Шалыгиной. — М.: Колос, 2003. — 315 с.

2. *Виробництво сиру: технологія і якість: пер. с франц.* — М.: В Агропромиздат, 1989. — 496 с.
3. *Королева Н.С.* Санітарна мікробіологія молока й молочних продуктів / Н.С. Королева, В.Ф. Семенихіна. — М.: Харчова промисловість. — 1980.
4. *Міжнародний довідник по молочній справі.* Сир. Традиційні й основні галузеві відомості. Ч. 14.

В статті досліджено ефективність переробки молочного сир'я при застосуванні методу бактофугування в сироваренні і економічну ефективність від впровадження новітніх технологій переробки молочного сир'я.

Ключевые слова: маслянокислородное вспучивание, бактофугирование, микробиально чистое молоко, микрофлора, сыропригодное молоко.

A.E.Velichko, I.V. Maslova

***Efficiency of processing of dairy raw materials
at application of the method of baktofugirovaniy***

In article are investigated efficiency of processing of dairy raw materials at application of a method of a disposal of bacteria in cheese manufacturing and economic efficiency from introduction of the latest technologies of processing of dairy raw materials. In article the historical aspect of use of this method, and also its efficiency and influence on increase of productivity of production is considered. The principle of action of separators of relieving of bacteria, their device and ways of use is shined. The data concerning quantity various bacteria and the microorganisms containing in milk after bacterial cleaning are provided. Conditional economic efficiency from introduction this progressive and innovative is specified by production of dairy products.

Key words: butyric swelling, baktofugirovaniye, microbial pure milk, microorganisms, milk suitable for cheese.

Одержана редколлегією 10.06.2012 р.

Т.А. ФІЛІПЕНКО*Національний університет біоресурсів і природокористування України***Н.Ю. ГРИБОВА***Українська лабораторія якості і безпеки продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України*

ОСОБЛИВОСТІ КІНЕТИКИ ОКИСНЕННЯ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ ТА АНТИОКСИДАНТНОЇ ДІЇ В НІЙ ФЕНОЛІВ

Результати дослідження поглиблюють знання кінетики окиснення і антиоксидантної стабілізації ріпакової олії, є корисними для фахівців харчової і переробної галузі. Досліджена кінетика процесів окиснення ріпакової олії в різних умовах і дана оцінка антиоксидантної стабільності цієї олії. Встановлені і з'ясовані особливості хемілюмінесценції в досліджуваному процесі. Досліджена ефективність іонулу і α -нафтолу в діапазоні концентрацій від $0,2 \cdot 10^{-3}$ М до $3,0 \cdot 10^{-3}$ М. Встановлено, що іонол в 1,3 рази є більш ефективним антиоксидантом ніж α -нафтол.

Ключові слова: ріпакова олія, окиснення, хемілюмінесценція, фенольні антиоксиданти.

За останні роки значно збільшилися обсяги світового виробництва і споживання ріпакової олії, що зумовлено її біологічними особливостями і дешевизною. Ріпакова олія застосовується для виготовлення маргаринів, майонезів, соусів, у хлібопекарській та кондитерській промисловостях, для приготування емульсій і суспензій в фармацевтиці і т.і. Значна увага до цієї олії пов'язана і з використанням її для одержання біодизельного палива [1 – 2].

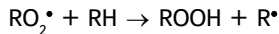
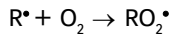
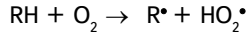
Особливістю жирнокислотного складу харчової ріпакової олії є присутність у складі гліцеридів значної кількості олеїнової кислоти (до 65 %), до 12 % ліноленової кислоти та до 5 % ерукової кислоти, що відрізняє цю олію від традиційних для України соняшникової і кукурудзяної, у складі гліцеридів яких міститься переважно лінолева кислота і відсутні ліноленова, ерукова та ейкозенова кислоти [3 – 4]. Все це може обумовлювати значні відмінності в стабільності ріпакової олії до окиснення. Відрізняється суттєво ріпакова олія і за складом і вмістом супроводжуючих речовин. В першу чергу це стосується органічних сполук сульфору (тіоглюкозидів), сірковмісних амінокислот та пігментів групи хлорофілу, які є відомими прооксидантами. З іншого боку в складі ріпакової олії достатньо високий вміст і речовин — антиоксидантів: каротиноїдів (до 0,007 мас. %), фосфоліпідів (0,5 – 1,2 мас. %), токоферолів (0,05 – 0,09 мас. %) стеролів (0,5 – 1 мас. %) [4 – 5]. Склад токоферолів в оліях ліноленової групи, до якої належить і ріпакова, також інший в порівнянні з соняшниковою олією, яка містить майже 95 % α -токоферолу. Все вище зазначене може в сукупності обумовлювати не тільки визначену стабільність ріпакової олії до окиснювальних перетворень, але і впливати на ефективність дії в цій олії антиоксидантів. Зазначені проблеми на жаль не знайшли дотепер чіткого вирішення, що створює відповідні труднощі при практичному використанні ріпакової олії.

Мета дослідження. Вивчення особливостей кінетики окиснення ріпакової олії в різних умовах та антиоксидантної дії фенолів у цих процесах.

Матеріали і методики дослідження. Об'єктом дослідження була харчова ріпакова олія виробництва «Стожар», яка відповідає вимогам ДСТУ і ТУУ. Окиснення олії проводили в прискорених кінетичних режимах ініційованого процесу (343К) і автоокиснення (393К) в реакторі барботажного типу з безпервною подачею в систему повітря. В якості розчинника

використовувався хлорбензол (ХБ) у співвідношенні з олією 1:1. Як ініціатор окиснення був азодіізобутиронітрил (АІБН) у концентрації 0,02 М. Контролювали кінетику процесу за накопиченням продуктів окиснення — пероксидів (ROOH), які визначалися йодометричним методом [6] і виражалися у % I₂ (ПЧ), а також за інтенсивністю хемілюмінесценції (ХЛ), яка реєструвалася в автоматичному режимі на приладі, описаному в [7]. Активатор ХЛ — дибро-мантрацен (ДБА). Фенольні антиоксиданти іонол та α-нафтол очищували пере-кристалізацією і сублимацією.

Результати дослідження. Відомо, що окиснення рослинних олій (RH) відбувається за радикально-ланцюговим механізмом [8]:



У надлишку O₂ обрив ланцюгів окиснення йде за реакцією рекомбінації пероксирадикалів (RO₂[•]) з виникненням хемілюмінесцентного світіння (ХЛ):



Інтенсивність (I₀) ХЛ залежить від концентрації пероксирадикалів, яка в свою чергу, залежить від швидкості окиснювального процесу. На рис. 1 наведені кінетичні криві накопичення пероксидів при ініційованому окисненні ріпакової олії у порівнянні з соняшниковою, звідки можна бачити, що в даних умовах стабільність до окиснення обох олій майже однакова, незважаючи на суттєві відмінності в їх складах. Приблизно однакові періоди індукції окиснення (30 хв.) узгоджуються з близьким загальним вмістом у цих оліях природних антиоксидантів (АО) — токоферолів на рівні 40 – 75 мг % [3]. Після виходу з періоду індукції ріпакова олія окиснюється трохи повільніше, ніж соняшникова, що пов'язано зі значним вмістом у складі її гліцеридів залишків олеїнової кислоти з одним подвійним зв'язком.

При високотемпературному (393К) автоокисненні олій, ініційованому розкладом відповідних пероксидів (ROOH), спостерігається більша антиоксидантна стабільність соняшникової олії що, ймовірно, пов'язано з різною стійкістю до розкладання на радикали утворюваних у оліях пероксидів.

Кінетичні криві зміни хемілюмінесценції при ініційованому окисненні ріпакової і соняшникової олій наведені на рис. 2. Видно, що ХЛ в процесі окиснення ріпакової олії (кр. 2) дуже відрізняється від соняшникової олії (кр. 1). Після закінчення періоду індукції на кривій 2 спостерігається потужне і нетривале підвищення ХЛ, зумовлене, ймовірно, окисненням у складі гліцеридів найбільш ненасичених залишків ліноленової кислоти, пероксирадикали якої більш активні. Після витрачання цих залишків починається окиснення більш насичених складових гліцеридів (олеїнової, ерукової, лінолевої кислот), що відповідає виходу процесу на стаціонарний рівень. Висота максимуму на кр. 2 прямо пропорційна концентрації в олії ініціатора окиснення, що підтверджує зв'язок ХЛ з концентрацією та активністю пероксирадикалів.

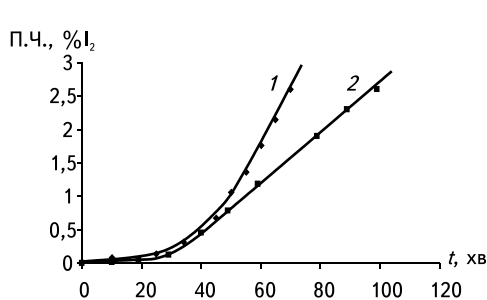


Рис. 1. Кінетичні криві накопичення ПЧ при окисненні олій в розчині ХБ (1:1):
1 — соняшникова олія; 2 — ріпакова олія.
T = 343 К, C_{АІБН} = 2 · 10⁻² моль/л

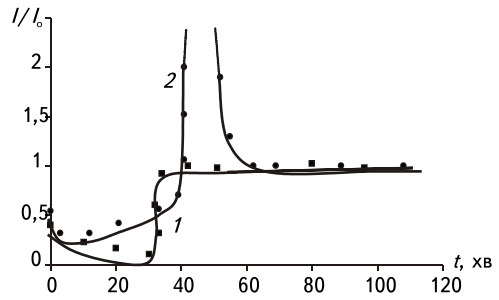


Рис. 2. Залежність ХЛ — світіння від часу при окисненні олій в розчині ХБ (1:1):
1 — соняшникова олія; 2 — ріпакова олія.
T = 343 К, C_{АІБН} = 2 · 10⁻² М, C_{ДБА} = 2 · 10⁻³ М

Водночас введення в олію акцептора радикалів — іонулу призводить до збільшення періоду індукції, зміщення максимуму у часі та зменшення його висоти (рис. 3). Ці факти свідчать про те, що джерелом потужного сплеску ХЛ при окисненні ріпакової олії є саме рекомбінація пероксирадикалів.

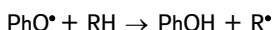
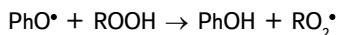
Співставлення кінетичних кривих зміни ПЧ і інтенсивності ХЛ (рис. 1 і 2) показало, що ці залежності описують один процес, який йде з утворенням нестійких продуктів (радикалів) і подальшим їх перетворенням у пероксидні сполуки, що супроводжується хемілюмінесцентним світінням. Введення іонулу (ІнН) на стаціонарному рівні ХЛ ($I/I_0 = 1$) дозволило виявити два джерела світіння при окисненні ріпакової олії (рис. 4). Перше ($I_{\text{рад}}$) зникає при введенні іонулу, а значить воно обумовлене рекомбінацією пероксирадикалів. Друге ($I_{\text{мол}}$) має нерадикальну природу, тому присутність в системі іонулу в значній концентрації ($5 \cdot 10^{-4}$ М) не впливає на його інтенсивність. Молекулярна ХЛ має місце і у періоді індукції обох олій (рис. 2). Ймовірно її джерелом може бути реакція термічного розкладу циклічних пероксидів (діоксетанів), які являються одними з продуктів окиснення ненасичених сполук [9]. Термічне розкладання діоксетанів відбувається навіть при невисоких температурах і супроводжується утворенням електронозбуджених продуктів — карбонільних сполук ($R = O^*$).

Порівнювання кінетики ХЛ свіжовиробленої ріпакової олії (рис. 2) і олії після року зберігання у холодильнику показало, що загальний вигляд кінетичної кривої зберігається. В той же час зменшується період індукції (на 8 хв.), внаслідок часткового витрачання токоферолів і, незначно, знижується на кривій висота максимуму.

Додавання до ріпакової олії типових синтетичних антиоксидантів (іонулу, α -нафтол) з метою додаткової її стабілізації дозволило встановити, що обидва феноли (PhOH) гальмують процес низькотемпературного ініційованого окиснення, але просторово — утруднений фенол (іонулу) більш ефективний антиоксидант. В даних умовах періоди індукції окиснення прямо пропорційні концентрації фенолів (рис. 5), що свідчить про витрачання фенолів в системі переважно в реакції з пероксирадикалами: $\text{PhOH} + \text{RO}_2^* \rightarrow \text{ROOH} + \text{PhO}^*$.

Водночас, при автоокисненні (393К) ріпакової олії, для іонулу спостерігається складна залежність періоду індукції від концентрації. Цей фенол в зазначених умовах при невеликих концентраціях (менше $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л) навіть прискорює процес окиснення, а при більш високих концентраціях виявляється антиоксидантом.

В той же час α -нафтол взагалі неефективний як АО, що обумовлено високою активністю утворюваного з просторово-неутрдженого фенолу радикалу (PhO^*), спроможного приймати участь у реакціях продовження ланцюгів:



Такі реакції є причиною втрати α -нафтолом своїх антиоксидатних властивостей при високих температурах у ненасичених субстратах (олія).

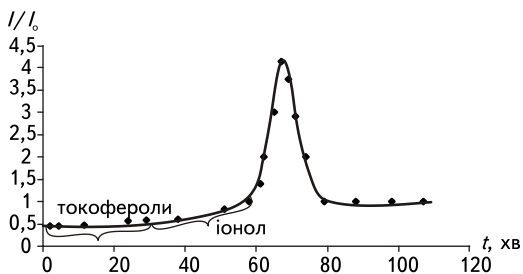


Рис. 3. Кінетична крива ХЛ при окисненні ріпакової олії в розчині ХБ (1:1) з додаванням іонулу ($5 \cdot 10^{-4}$ моль/л). $T = 343$ К, $C_{\text{АІБН}} = 2 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $C_{\text{ДБА}} = 2 \cdot 10^{-3}$ моль/л

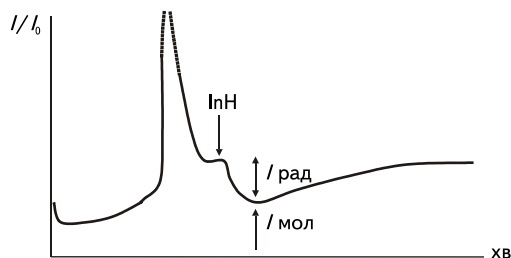


Рис. 4. Кінетика ХЛ при окисненні ріпакової олії в розчині ХБ (1:1) $C_{\text{АІБН}} = 2 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $C_{\text{ДБА}} = 2 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $T = 343$ К

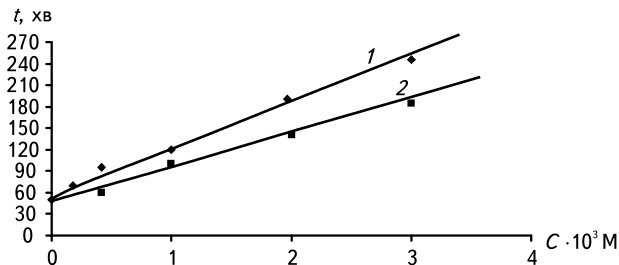


Рис. 5. Залежність періоду індукції (τ) окиснення ріпакової олії в розчині ХБ (1:1) від концентрації іонолу (1) і α -нафтолу (2)
 $T = 343$ К, $C_{\text{АІБН}} = 2 \cdot 10^{-2}$ моль/л

ні відмінності у порівнянні з соняшниковою олією, пов'язані з присутністю в складі її гліцеридів залишків ліноленової кислоти. 3. Встановлено наявність двох незалежних джерел хемілюмінесцентного світіння в процесі окиснення ріпакової олії, з'ясовано їх природу. 4. Для додаткової антиоксидантної стабілізації ріпакової олії доцільно використовувати просторово-утруднені феноли.

Таким чином, проведене дослідження дозволило встановити деякі особливості окиснення ріпакової олії, хемілюмінесценції в цьому процесі, а також стабілізації олії фенольними антиоксидантами.

Висновки. 1. Незважаючи на суттєві відмінності у складах ріпакової і соняшникової олій, їх стабільності до радикально — ланцюгового окиснення близькі. 2. Хемілюмінесценція в процесі окиснення ріпакової олії має характер-

ЛІТЕРАТУРА

1. Добосина Т. Общие сведения о рапсе и рапсовом масле. / Т. Добосина // Масла и жиры. — 2003. — № 5. — С. 7 — 8.
2. Семенов В.Г. Перспективы применения биодизельного топлива в Украине. / В.Г.Семенов // Масложировая промышленность. — 2007. — № 1. — С. 38 — 40.
3. Некоторые факторы, определяющие стабильность растительных масел к окислению / А.Н. Лисицын, Т.Б. Алымова, Л.Т. Прохорова, В.Н. Григорьева и др. // Масложировая промышленность. — 2005. — № 3. — С. 11 — 15.
4. Эффекты природных и синтетических антиоксидантов в растительных маслах / Л.Н. Лисицын, В.Н. Григорьева, Т.Б. Алымова, Л.Т. Прохорова // Масложировая промышленность. — 2005. — № 6. — С. 4 — 7.
5. Состав жирных кислот и стероидов растительных масел / В.В. Хасанов, Г.Л. Рыжова, К.А. Дычко, Т.Т. Куряева // Химия растительного сырья. — 2006. — № 3. — С. 27 — 31.
6. Руководство по методам исследования, технокимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / Под ред. В.Н. Ржехина, Л.Г. Сергеева. — Л.: — 1967. — Т. 1. — С. 1052.
7. Хемілюмінесцентні методи дослідження медленних хімічних процесів / В.Я. Шляпинтох, О.Н. Карпухина, Л.М. Постников и др. — М.: Наука, 1996. — 300 с.
8. Эмануэль Н.М. Торможение процессов окисления жиров / Н.М.Эмануэль, Ю.Н. Лясковская. — М.: Пищепромиздат, 1961. — 358 с.
9. Шарипов Г.Л. Химия и хемілюмінесценція 1,2-діоксетанов. / В.П. Казаков, Г.А. Толстиков. — М.: Наука. — 1990. — 286 с.

Результаты исследования углубляют знания кинетики окисления и антиоксидантной стабилизации рапсового масла, полезны для специалистов пищевой и перерабатывающей отрасли. Исследована кинетика процессов окисления рапсового масла в различных условиях и дана оценка антиоксидантной стабильности этого масла. Установлены и выяснены особенности хемілюмінесценции в исследуемом процессе. Исследована эффективность ионола и α -нафтола в диапазоне концентраций от $0,2 \cdot 10^{-3}$ М до $3,0 \cdot 10^{-3}$ М. Установлено, что ионол является в 1,3 раза более эффективным антиоксидантом чем α -нафтол.

Ключевые слова: рапсовое масло, окисления, хемілюмінесценція, фенольные антиоксиданты.

T.A. Filippenko, N.Yu. Gribova

***Kinetics features of oxidation rape oil
and antioxidant action phenols in its***

The kinetics of oxidation processes rape oil was investigated in different terms and was assessed antioxidant stability of this oil. Was determined and was revealed the chemiluminescence's features in the investigated process. Add to rape oil typical of synthetic antioxidants (ionol, α -naphthol) in order to further stabilize its revealed that both phenols inhibit the process initiated by low-temperature oxidation, but space — hard to phenol (ionol) more effective antioxidant. In these conditions the induction period of oxidation is directly proportional to the concentration of phenols indicating that consumption of phenols are already largely in response to peroxyradicals. In the reaction of α -naphthol with peroxyradicals at high temperatures formed active phenols radicals able to participate in the reactions of chain elongation. These reactions are lead to loss of β -naphthol antioxidant properties in unsaturated substrates (oil). Found that ionol is in a more effective antioxidant than α -naphthol. Ionol to 1.3 times more efficiently inhibits the process low-temperature oxidation. Results of the study deepens the knowledge of the kinetics of oxidation and antioxidant stability of rapeseed oil, are useful for professionals and food processing industry.

Key words: Rape oil, oxidation, chemiluminescence, phenolic antioxidants.

Одержана редколегією 2.04.2012 р.

УДК 543.422.7:663.81

**Д.М. ОДАРЧЕНКО,
А.І. КУДРЯШОВ,
С.В. ШТИХ,
Є.О. ШТВАН,
О.О. СЮСЕЛЬ**

Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА ВОДЯНИХ РОЗЧИНІВ СОКІВ ТА ПЛАЗМ З ДИКОРΟΣЛИХ ЯГІД

Проведений порівняльний аналіз колориметричних характеристик водяних розчинів соків та плазм з журавлини великоплідної та калини звичайної. Проведеними дослідженнями встановлені зміни колориметричних показників в залежності від впливу термічної обробки.

Ключові слова: водяні розчини, плазма, колориметричні показники, колір.

Зовнішній вигляд та колір харчових продуктів поряд зі смаковими властивостями є основними показниками якості.

Відомо, що одним із прогресивних способів переробки сировини є отримання соків, які мають фарбуючий ефект. Соки та напої на їх основі — найбільш перспективні продукти збагачення організму людини біологічно активними речовинами, що дозволяють вирішити проблеми мікронутрієнтного дефіциту. За нормативними документами, що діють в Україні, до соковмісних і сокових напоїв належать напої, які містять від 1 до 40 % соку. Велика частина соків на українському ринку (до 90 %) — це соки відновлені з концентратів, до складу яких входять штучні барвники, ароматизатори та консерванти, що негативно впливають на організм людини.

Майже всі водорозчинні рослинні барвники — від червоного до синього кольорів — є антоціановими барвниками та належать до представників флавоноїдних сполук [1]. За хімічною структурою антоціани — це моно- та диглікозиди антоціанідинів. Склад антоціанів достатньо індивідуальний для окремих видів дикорослих ягід. Суттєвим недоліком природних барвників є нестабільність складу, фізико-хімічних і спектральних характеристик. Зміна кількості та структури антоціанів призводить до послаблення та втрати натурального кольору. В більшості випадків це супроводжується погіршенням смаку та аромату, тому кількісний та якісний склад антоціанів в перспективі може слугувати одним з надійних критеріїв ідентифікації, що дозволяють встановити автентичність (натуральність) та рівень якості продуктів переробки дикорослих ягід. Інтенсивність забарвлення розчину залежить від постійного складу забарвлюючої речовини та є одним з основних чинників, що впливає на точність колориметричного визначення [2, 3].

Вивчення функціонально-технологічних властивостей водяних розчинів соків та плазм з журавлини великоплідної та калини звичайної дозволить більш ефективно застосовувати їх у кондитерській та харчовій промисловості.

Метою дослідження було визначення колориметричних параметрів кольору водяних розчинів соків і плазм з журавлини великоплідної, калини звичайної та встановлення зміни цих показників в залежності від впливу термічної обробки. Розрахунок проводився за допомогою обчислення основних колориметричних характеристик: координат кольору в системі XYZ, колірному тону, колориметричної чистоти кольору, які однозначно та об'єктивно визначають колірність досліджуваних зразків.

© Д.М. Одарченко, А.І. Кудряшов, С.В. Штих, Є.О. Штван, О.О. Сюсель, 2012

Для аналізу спектрального складу за предмети дослідження були обрані водяні розчини свіжих соків, а також водяні розчини плазм з журавлини великоплідної та калини звичайної після чотириразового циклу заморожування-центрифуговання та термічної обробки. Для вирішення поставленого завдання були підготовлені зразки водяних розчинів соків зі свіжої журавлини та калини, а також плазм після чотириразового циклу заморожування-центрифуговання та термічної обробки. Регламент даного дослідження передбачав додаткове вивчення впливу операції термічної обробки чистої плазми ягід (нагрівання до 95 °С та кип'ятіння протягом 15 – 20 хв.) на зміну колориметричних параметрів водяних розчинів з неї. Для реєстрації та вимірювання кольору застосовують різні колориметричні методи, які надають можливості характеризувати колір, розглядаючи його фізичний аспект, тобто оптичні властивості об'єкта, при цьому суб'єктивна психофізіологічна оцінка спостерігача виключається. До основних методів колірних вимірювань належать розрахунковий та фотоелектричний. Проте розрахунковий метод прийнято вважати більш точним. Колориметричний розрахунковий метод ґрунтується на стандартних (основних) кольорах, розроблених Міжнародною комісією з освітлення (МКО) згідно з концепцією стандартного спостерігача.

Колір є тривимірною характеристикою, яка визначає кількісну та якісну характеристику випромінювання. Математичний опис кольору виражають різні колориметричні моделі, такі як RGB, Lab, CMYK, XYZ. Питомі координати кольору в колориметричній системі XYZ визначаються шляхом перерахунку відомих питомих координат RGB [3]. Модель є адитивною, і, згідно з системою XYZ, довільний колір може бути представлений як сума певних кількостей трьох нереальних (основних) кольорів. Основні кольори є лінійно незалежними, тому один із кольорів не може бути представлений у вигляді суми яких-небудь кількостей двох інших кольорів. Математично колірне рівняння має вигляд:

$$F = x \cdot X + y \cdot Y + z \cdot Z, \quad (1)$$

де, X, Y, Z — основні кольори; x, y, z — координати кольору; F — сумарний колір.

Таким чином, модуль суміші X, Y, Z та координати кольору дають однозначну оцінку кольору F .

У процесі дослідження колірних характеристик водяних розчинів соків та плазм з дикорослих ягід було використано два колориметричні методи: метод зважених ординат і метод колірного графіка. Метод зважених ординат ґрунтується на системі представлення кольору XYZ і дозволяє однозначно кількісно характеризувати колір. Він належить до розрахункових методів колориметрії та дозволяє визначити характеристики кольору на основі спектральних даних досліджуваного зразка [4]. Метод колірного графіка якісно виражає колір і має більшу інформативність.

Для колориметричних досліджень використовували спектрофотометр СФ-46 (з кюветою кварцовою прямокутною для шару рідини товщиною 10 мм) з метою виміру спектральних коефіцієнтів пропускання та визначення координат кольору (X, Y, Z), колірного тону, колориметричної чистоти кольору. Отримані дані опрацьовували методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням програмного забезпечення MathCad. Похибка вимірювань показників не перевищувала 5%. Результати спектрофотометричних досліджень зразків водяних розчинів соків журавлини великоплідної та калини звичайної представлені на рис. 1.

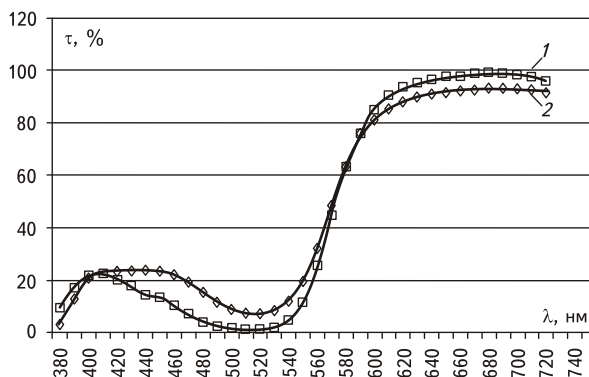


Рис. 1. Спектри пропускання водяних розчинів соків журавлини великоплідної та калини звичайної: зразок № 1 — водяний розчин соку журавлини великоплідної; зразок № 2 — водяний розчин соку калини звичайної

Відповідно до рис. 1, одержані спектральні залежності водяних розчинів соків журавлини великоплідної та калини звичайної показують, що дані кольори досліджуваних зразків мають складну природу та не відносяться до монохроматичних кольорів. Для них спостерігається характерний мінімум коефіцієнта пропускання в області 480 – 540 нм видимого електромагнітного випромінювання.

Отримані результати спектрофотометричних досліджень водяних розчинів плазм (рис. 2) вказують на те, що кольоровість зразків визначається внеском усього оптичного діапазону довжин хвиль за винятком такого інтервалу 470 – 550 нм для досліджуваних зразків № 3, 4, 5. Значна амплітуда спектрів свідчить про те, що колір дослідних зразків є достатньо яскравим.

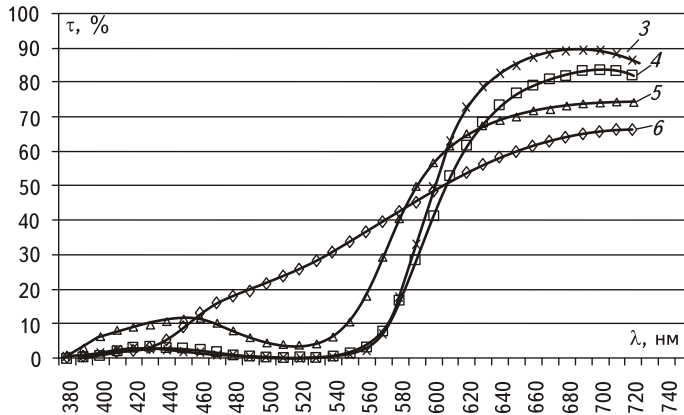


Рис. 2. Спектри пропускання водяних розчинів плазм журавлини великоплідної та калини звичайної після чотириразового циклу заморожування-центрифугування та термічної обробки: зразок № 3 — водяний розчин плазми журавлини великоплідної після чотириразового циклу заморожування-центрифугування; зразок № 4 — водяний розчин плазми журавлини великоплідної після чотириразового циклу заморожування-центрифугування та термічної обробки; зразок № 5 — водяний розчин плазми калини звичайної після чотириразового циклу заморожування-центрифугування; зразок № 6 — водяний розчин плазми калини звичайної після чотириразового циклу заморожування-центрифугування та термічної обробки

Проте після операції термічної обробки спостерігалася різка зміна кольору досліджуваного зразка № 2. Так колірність досліджуваного зразка № 6 (водяний розчин плазми калини звичайної після термічної обробки) визначається всіма компонентами видимого діапазону електромагнітного випромінювання.

Антоціани плодів калини є похідними ціанідину, серед яких виявлено ціанідин-3-глюкозид, ціанідин-3-арабінозосамбубіозид, ціанідин-3-ксилозоглюкозид. В термічно обробленій плазмі плодів калини суттєво змінюється хімічний склад. Очевидно різка зміна кольору пов'язана з тим, що при термічному впливі в плазмі калини відбувається розклад антоціанів, внаслідок чого рідина набуває світло-коричневого забарвлення.

Згідно з методом зважених ординат, обчислення кольорних параметрів здійснюється за допомогою наступних виразів:

$$X = \int_{380}^{750} \bar{x}(\lambda) \tau(\lambda) I_{\lambda}(A) d\lambda, \quad (2)$$

$$Y = \int_{380}^{750} \bar{y}(\lambda) \tau(\lambda) I_{\lambda}(A) d\lambda, \quad (3)$$

$$Z = \int_{380}^{750} \bar{z}(\lambda)\tau(\lambda)I_{\lambda}(A)d\lambda, \quad (4)$$

де $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ — стандартизовані функції змішування кольорів; $\tau(\lambda)$ — коефіцієнт пропускання досліджуваних зразків; $I_{\lambda}(A)$ — спектральна щільність джерела випромінювання A ; $d\lambda$ — ширина спектрального інтервалу.

Результати розрахунку колориметричних параметрів водяних розчинів соків та плазм з журавлини великоплідної та калини звичайної приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Колориметричні параметри водяних розчинів соків та плазм з журавлини великоплідної та калини звичайної

Досліджуваний зразок	Масова частка сухих речовин, %	Характеристики кольору			
		Координати кольору			Модуль кольору $m \cdot 10^{-4}$
		$X \cdot 10^{-3}$	$Y \cdot 10^{-3}$	$Z \cdot 10^{-3}$	
№ 1	1,2	5,60	3,50	0,90	10
№ 2	2,2	5,10	3,50	1,40	10
№ 3	2,2	6,50	3,30	0,20	10
№ 4	2,3	5,40	3,50	1,00	9,9
№ 5	1,9	6,40	3,30	0,30	10
№ 6	1,6	4,70	4,20	1,10	10

Із представлених даних кількісних показників кольору випливає, що всі досліджувані зразки мають колір, який формується різноманітними кольорами, що мають близькі за значенням координати. Це дозволяє стверджувати, що вклад основних лінійно незалежних кольорів системи XYZ в кожному випадку близький. Останнє підтверджують також і отримані результати для модулю кольору. Для кожного досліджуваного зразка по координатах кольору було розраховано трибарвні коефіцієнти:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad (5)$$

Вони надають можливість нанести кольоровість досліджуваних зразків на площину колірного графіка та обчислити колірний тон, а також колориметричну чистоту. Колірний тон визначається довжиною хвилі λ такого монохроматичного випромінювання, яке необхідно змішати з білим кольором, для того, щоб кольоровість суміші співпала з кольоровістю заданого випромінювання. Колориметрична чистота виражається відношенням яскравості монохроматичного випромінювання, яку необхідно додати до яскравості білого кольору, для того, щоб одержати досліджуваний колір. Колірний графік є трикутником, у вершинах якого розташовані одиничні кольори XYZ, у центрі тяжіння трикутника поміщено білий колір. На площину графіка нанесено криву колірності монохроматичного випромінювання [4]. Перетин кривої спектральних тонів і прямої, проведеної через точку білого кольору та точку нанесеної колірності, визначає колірний тон. Розрахунок колориметричної чистоти проведений за допомогою виразу:

$$p_c = \frac{y_{\lambda}}{y_N} \cdot \frac{y_N - y_W}{y_{\lambda} - y_W}, \quad (6)$$

де y_{λ} — трибарвний коефіцієнт точки перетину прямої, проведеної через точку білого кольору та точку розрахованої колірності з лінією спектральних тонів; y_N — трибарвний коефіцієнт зразка, що обчислюється; y_W — трибарвний коефіцієнт білого кольору.

Враховуючи, що отримані колориметричні параметри не дають повної колориметричної оцінки досліджуваних зразків, з метою встановлення їх колірності були проведені подальші колірні виміри, а саме, визначення колірного тону (λ) та колориметричної чистоти кольору (p_c). Отримані результати наведені в табл. 2. Колориметричні розрахунки були виконані з використанням розробленої програми в середовищі математичного пакету Mathcad, що значно інтенсифікує процес розрахунку.

Узагальнення отриманих даних дозволили встановити, що колірні характеристики досліджуваних зразків водяних розчинів плазми журавлини великоплідної та калини звичайної відрізняються після операцій термічної обробки, в той час як до впливу високих температур аналогічні величини мали близькі значення.

Таблиця 2. Колориметричні характеристики водяних розчинів соків та плазм з журавлини великоплідної та калини звичайної

Досліджуваний зразок	Масова частка сухих речовин, %	Характеристики кольору	
		Колірний тон (λ), нм. $\lambda \pm S, S_1 = \pm 2$	Колориметрична чистота кольору (ρ), відн. од.
№ 1	1,2	602	0,77
№ 2	2,2	603	0,59
№ 3	2,2	609	0,95
№ 4	2,3	602	0,71
№ 5	1,9	610	0,91
№ 6	1,6	583	0,75

Порівнюючи визначені колориметричні характеристики для досліджуваного зразку № 3 та № 5, відзначено зростання значення колірного тону та зниження величини колориметричної чистоти кольору. Слід зазначити обернену залежність зміни колірного тону та колориметричної чистоти в досліджуваних зразках № 4 та 6. Відповідно до табл. 2, у результаті розрахунку колірних параметрів встановлено, що для досліджуваних зразків № 1, 2, 3, 4 відмінність колірного тону не є вираженою та відноситься до помаранчевої області видимого діапазону електромагнітного випромінювання. Для досліджуваного зразку № 5 значення цього показника дещо більше, проте знаходиться в аналогічній області спектру. Зразок № 6 в порівнянні з розглянутими вище зразками має як кількісні, так і якісні відмінності кольору. Стосовно домінуючої довжини хвилі, слід зазначити, що її показники належать до жовтого кольору спектральних тонів, що проявляється в зменшенні значення даного параметру за величиною. Порівняння експериментальних даних досліджуваних зразків № 1 та № 2 зі зразками № 3 та № 4 показали, що чистота кольору збільшується. Це в свою чергу свідчить про переваги запропонованого способу отримання рідинних ягідних напівфабрикатів (плазми).

Висновки. Таким чином, у ході проведеного колориметричного аналізу водяних розчинів соків та плазм журавлини великоплідної та калини звичайної були проведені вимірювання основних колірних параметрів: колірний тон та його колориметричної чистоти. Установлено, що теплова обробка (нагрівання до 95 °С та кип'ятіння протягом 15 – 20 хв.) викликає різке зміщення величини колірного тону в область жовтого кольору спектральних тонів для досліджуваних зразків водяних розчинів плазми калини звичайної, що в подальшому вплине на напрямки її використання в харчовій промисловості. Проведеними дослідженнями та встановленими закономірностями науково-обґрунтовано перспективність використання розроблених напівфабрикатів з обраних видів дикорослих ягід. Тому регламентом подальшого наукового дослідження планується провести аналіз формування асортименту продуктів шляхом використання в їх рецептурі розроблених напівфабрикатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кричман Е.С. Некоторые аспекты применения пищевых красителей в производстве кондитерских изделий / Е.С. Кричман // Кондитерское производство. — 2007. — № 2. — С. 24 – 25.
2. Булатов М.И. Практическое руководство по колориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинин. — М.: Химия, 1965. — 230 с.
3. Иванов В.М. Химическая цветометрия: возможности метода, области применения и перспективы / В.М. Иванов, О.В. Кузнецова // Успехи химии. — 2001. — Т. 70, № 5. — С. 411 – 428.
4. Байдичева О.В. Цветометрия — новый метод контроля качества пищевой продукции / О.В. Байдичева [и др.] // Пищевая промышленность. — 2008. — № 5. — С. 20 – 22.

Проведен сравнительный анализ колориметрических характеристик водных растворов соков и плазм из клюквы крупноплодной и калины обыкновенной. Проведенными исследованиями установлены изменения колориметрических показателей в зависимости от влияния термической обработки.

Ключевые слова: водные растворы, плазма, колориметрические показатели, цвет.

**D. Odarchenko, A. Kudryashov,
S. Stich, E. Ishtvan, O. Sussil**

***Colorimetry estimation of water solutions
of juices and plasma from wildberries***

The comparative analysis of colorimetry descriptions of aquatic solutions of juices and plasma is conducted from a cranberry velikoplidnoy and viburnum ordinary. By the conducted researches the set changes of colorimetry indexes depending on influence of heat treatment.

During the conducted colorimetry analysis of aquatic solutions of juices and plasma of cranberry velikoplidnoy and viburnum ordinary there were the conducted measuring of basic colour parameters: colour tone and him colorimetry cleanness. Set, that thermal treatment (heating to 95 °C and boiling during 15 – 20 min) causes sharp displacement of size of colour tone in the area of yellow of spectral tones for the investigated standards of aquatic solutions of plasma of viburnum ordinary, that in future will influence on directions of her use in confectionery and food industry.

Key words: aqueous solutions, plasma, colorimetric indicators, color.

Одержана редколлегією 18.04.12 р.

УДК:637.142.2

**О.А. ЧЕРНЮШОК,
О.В. КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО,
А.Г. ПУХЛЯК**

Національний університет харчових технологій

ДІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРЯДІВ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИРОВАТКИ МОЛОЧНОЇ

В статті наведено результати мікробіологічних досліджень сироватки молочної, що оброблена електроіскровими розрядами з напругою 30...45 кВт та кількістю імпульсів від 5 до 25 з кроком 5. Експериментально встановлено, що обробка електричними розрядами з напругою 45 кВ та кількістю розрядів 15...25 найефективніша, оскільки загальна кількість мікроорганізмів сироватки молочної, зменшилась в середньому на 50...55 %.

Доведено, що електрогідралічний ефект має інактивуючу дію на всі види мікроорганізмів, що досліджувались.

Ключові слова: сироватка молочна, електроскрові розряди, мікробіологічні показники, інактивація.

Сучасний ринок молочних продуктів характеризується все більшою конкурентністю готової продукції, яка, в свою чергу, дуже чутлива до умов зберігання та транспортування. Відомо, що саме мікробіологічна активність в молочних продуктах, зокрема продуктах на основі сироватки, викликає погіршення їх якості, а саме: підвищення кислотності і розпад білку, окислення жиру в жировмісних продуктах, а також погіршення залежних від них органолептичних показників (зовнішній вигляд, смак та запах). Одним із основних завдань виробників є пошук способів покращення мікробіологічних показників молочної сировини та забезпечення готової продукції антибактеріальних умов протягом усього технологічного циклу до вживання споживачем.

Традиційними способами знищення патогенної та максимальної кількості іншої мікрофлори під час виробництва молочних продуктів є такі технологічні операції як бактофугування, пастеризація та стерилізація.

В останні роки для забезпечення необхідної бактеріологічної чистоти в технології молочних продуктів все частіше почали використовувати більш жорсткі режими пастеризації з високою температурою (95...97 °С) або тривалою витримкою навіть до 20...30хв та ультрависокотемпературне (УВТ-) оброблення (135...145 °С протягом 4...5 с), що не тільки підвищують енергозатрати, але й більш суттєво впливають на складові частини молока (особливо білки, вітаміни, кальцій) [1].

Серед альтернативних ресурсо- та енергоощадних методів оброблення молочної сировини, направлених на інактивацію мікроорганізмів, значний науковий інтерес мають електрофізичні та електротехнічні способи оброблення молока і молочної сировини: ультразвукове, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання, енергія надвисокої частоти (НВЧ) в неперервному та імпульсному режимах, акустичні, магнітні коливання тощо [2, 3, 4].

Проте, переважно всі ці методи справляють не загальний, а вибірково позитивний вплив як на мікробіологічні показники, так й на ті, чи інші складові компоненти продукту. Також їх застосування може викликати зміни хімічних та фізичних властивостей молока, що

© О.А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, А.Г. Пухляк, 2012

обмежує можливості його перероблення, особливо при виробництві кисломолочних продуктів та сирів. До того ж більшість з цих методів досі не знайшли широкого використання внаслідок складності впровадження в промислових умовах та високої вартості устаткування.

У зазначеному вище напрямі на увагу заслуговує спосіб оброблення молочної сироватки електричними розрядами за допомогою електрогідравлічної установки (Патент України № 22033 від 10.04.2007р.), схема якої наведена на рис. 1 [5, 6].

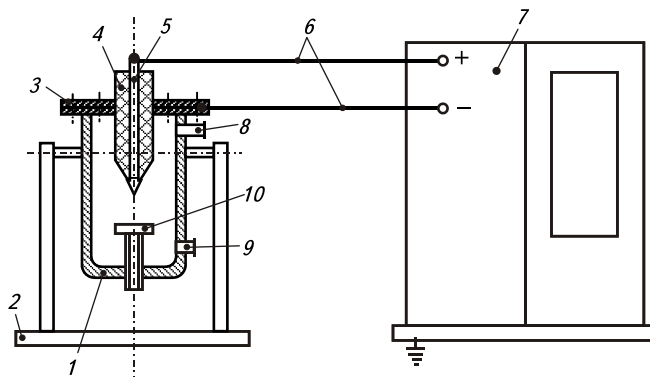


Рис. 1. Схема експериментальної електрогідравлічної установки:

1 — електрична камера, 2 — станина, 3 — кришка камери, 4 — ізолятор, 5 — позитивний електрод, 6 — високовольтні кабелі, 7 — генератор імпульсних струмів, 8, 9 — патрубки для вводу та виводу оброблюваного продукту, 10 — негативний електрод

При електроіскрових розрядах у рідині відбувається перетворення електричної енергії в звукову з достатньо високим коефіцієнтом корисної дії. Електрогідравлічний ефект, який при цьому створюється, — це складний комплекс фізичних і хімічних явищ, що виникають під час проходження високовольтних електроімпульсних розрядів у рідині: високий тиск, потужні ударні хвилі, кавітаційні процеси, утворення парогазової бульбашки та її пульсація, світлове свічення каналу розряду, іонізація та розкладання молекул речовини в плазмі каналу і біля нього, інтенсивне ультрафіолетове та ультразвукове випромінювання, імпульсне магнітне поле. Ці процеси виникають миттєво і призводять до різноманітних фізико-хімічних та мікробіологічних змін самої рідини і тих складових, які знаходяться в ній [1].

При проходженні розряду пошкоджується цілісність шару рідини з подоланням молекулярного зв'язку частинок і утворення порожнини в середині її об'єму. Відразу після закінчення дії розряду відбувається змикання стінок утвореної порожнини, яке протікає зі звуковими чи надзвуковими швидкостями, що супроводжується, згідно з сучасними уявленнями, тими ж явищами, як і кавітація. Величина порожнин-пустот, що виникають у рідині при електрогідравлічних ударах, може досягати видимих розмірів. Змикання стінок порожнини викликає появу кавітаційного удару розряду, що доповнює основний удар [7].

Згідно з літературними даними [2, 3, 4, 6, 7] використання електроіскрових розрядів у рідині дозволяє досягти ефективного зменшення мікрофлори.

Враховуючи відсутність відомостей, щодо впливу електроіскрових розрядів на мікрофлору молочної сироватки, авторами було проведено ряд досліджень по вивченню застосування електрогідравлічного ефекту для інактивації мікроорганізмів молочної сироватки, як сировини для виробництва сироваткових напоїв.

Мета роботи полягала у дослідженні мікробіологічних показників сироватки молочної з-під сиру кисломолочного та антимікробної дії електроіскрових розрядів на вказану молочну сировину.

Завдання досліджень: вивчити ефект бактерицидної дії електроіскрових розрядів на сироватку молочну шляхом визначення мікробіологічних показників сироватки молочної, обробленої на електрогідравлічній установці.

Дослідження щодо впливу електроіскрових розрядів на мікрофлору молочної сироватки проводили таким чином: молочну сироватку з-під сиру кисломолочного ретельно перемішували, підігрівали до температури $(18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ і спрямовували на установку (рис. 1), яка складалась з електророзрядної камери об'ємом 3 дм^3 та генератора, що забезпечує імпульсну подачу розрядів.

Враховуючи вивчений факт, що більшу бактерицидну дію мають розряди невеликої енергії (напруга до 50 кВ), а зі збільшенням напруги понад 50 кВ спостерігається послаблення інактивуючої дії електроіскрового оброблення, напругу під час дослідження змінювали в межах 30...45 кВ, кількість імпульсів від 5 до 25 з кроком 5. Далі оброблену сироватку пастеризували за температури $(76 \pm 2) ^\circ\text{C}$ з витримкою 15...20 с та охолоджували до температури $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Проби відбирали в двох точках — одразу після електроіскрового оброблення та після пастеризації. В якості контролю виступала сироватка молочної із-під сиру кисломолочного необроблена (СМН) та пастеризована (СМП) за вищезазначеним режимом.

Після проведення експерименту відібрані в стерильні пробірки зразки досліджували в акредитованій мікробіологічній лабораторії ПрАТ «Обухівський молочний завод». В дослідних зразках визначали мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми (МАФанМ, КУО/см³) — ГОСТ 10444.15-93, бактерії групи кишкових паличок (БГКП) — ГОСТ 50474-93, плісняві гриби та дріжджі — ГОСТ 10444.12. Результати досліджень наведено в таблиці 1 та на рис. 2.

Таблиця 1. Вплив параметрів електроіскрового оброблення на загальну мікрофлору сироватки молочної

Кількість розрядів	$U = 30$		$U = 40$		$U = 45$	
	Загальний вміст мікроорганізмів КУО/см ³ , 10 ³	Ступінь інактивації %	Загальний вміст мікроорганізмів КУО/см ³ , 10 ³	Ступінь інактивації %	Загальний вміст мікроорганізмів КУО/см ³ , 10 ³	Ступінь інактивації %
Контр.	150	—	143	—	147	—
5	138	8	106	24	95	35
10	132	12	102	28	85	42
15	114	24	98	31	78	47
20	102	32	92	35	70	52
25	90	40	81	43	62	58

В результаті аналізу експериментальних досліджень видно, що інактивуюча дія електроіскрового оброблення зростає зі збільшенням кількості розрядів та напруги. Після електрогідравлічної обробки сироватки молочної з напругою 30...40 кВ та кількістю розрядів 5...10 спостерігалась часткова інактивація мікроорганізмів — їх кількість зменшилась в середньому на 10...26 % порівняно з контролем. Після обробки електричними розрядами з напругою 45 кВ та кількістю розрядів 15...25 виявлена найефективніша інактивація мікроорганізмів сироватки молочної, їх загальна кількість зменшилась в середньому на 50...55 %.

Отриманий позитивний ефект щодо інактивації мікроорганізмів, на думку авторів, можна пояснити виникненням, при обробленні електроіскровими розрядами сироватки молочної, комплексу таких явищ як кавітаційні процеси, високий тиск, потужні ударні хвилі, інтенсивне ультрафіолетове та ультразвукове випромінювання, імпульсне магнітне поле тощо, які, як відомо з літературних джерел, володіють бактерицидними властивостями [3, 4].

Чутливими до знезаражуючої дії електрогідравлічного ефекту виявилися плісняві гриби та дріжджі, їх кількість після оброблення зменшувалась на 40...55 % залежно від напруги та кількості розрядів (рис. 2)

На підставі аналізу експериментальних даних встановлено, що раціональним параметром обробки сироватки молочної є напруга 45 кВ з кількістю розрядів 25, а використання під час оброблення напруги нижче 35 кВ не є ефективним, як видно з таблиці 1 та рисунку 2.

На наступному етапі дослідження встановлювали мікробіологічну активність під час зберігання пастеризованої сироватки, обробленої на електрогідравлічній установці, в порівнянні зі звичайною пастеризованою сироваткою. Зразки зберігали в стерильних умовах протягом 5 діб за температури 4...6 °С. Результати отримані при обробленні сироватки за напруги 45 кВ і кількості розрядів 25, представлені в табл. 2.

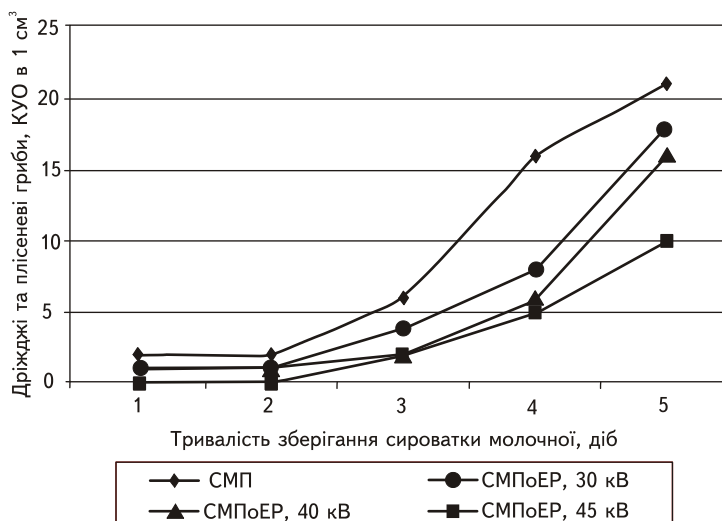


Рис. 2. Вплив електроіскрового оброблення на плісняві гриби і дріжджі залежно від напруги при фіксованій кількості розрядів 25

Таблиця 2. Зміна загальної кількості мікроорганізмів в процесі зберігання

Продукт	Загальна кількість мікроорганізмів, КУО/см ³				
	1-ий день	2-ий день	3-ий день	4-ий день	5-ий день
Сироватка молочно пастеризована (СМП)	Росту не має	36	74	83	98
Сироватка молочно пастеризована, оброб-лена електроіскровими розрядами (СМП0ЕР) 25р 45кВ	Росту не має	Росту не має	Росту не має	Росту не має	3

Примітка. Загальна кількість мікроорганізмів у вихідній сироватці становить $1,0 \cdot 10^5$

Як видно з таблиці 2, в пастеризованій необробленій сироватці спостерігався динамічний ріст мікроорганізмів, хоча й в межах норм, допустимих діючими нормативними документами. Тоді, як в сироватці, обробленій електроіскровими розрядами і пастеризованій за аналогічним режимом, спостерігався несуттєвий ріст мікроорганізмів тільки на 5-ий день зберігання. Ці результати дають можливість припустити, що оброблення електроіскровими розрядами призводять до пошкодження молекулярних структур клітин та клітинних мембран, що, в свою чергу, обумовлює морфологічні зміни та деструкцію клітин з їх частковою або повною втратою життєздатності. Вказаному також сприяє поширення УФ-випромінювання, в зоні розповсюдження якого відбувається інтенсивна інактивація мікроорганізмів.

Висновок. Попереднє оброблення сироватки на електрогідравлічній установці при напрузі 45 кВ та кількості імпульсів 20...25 перед наступним тепловим обробленням, сприятиме досягненню високої бактеріальної чистоти у вироблених з неї сироваткових напоях та, як наслідок, забезпечить мікробіологічну «чистоту» та стійкість готової продукції під час зберігання без значних енергозатрат на високотемпературне теплове оброблення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов [Текст] /К.К. Горбатова. — СПб:ГИОРД, 2003. — 346 с.
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике [Текст]: пер. с нем. / Бергман Л. — М.: 1957. — 368 с.

3. *Рогов И.А.* Электрофизические методы обработки пищевых продуктов [Текст] / И.А. Рогов. — М.:Агропромиздат, 1989. — 272 с.
4. *Харитонов В.Д.* Влияние УФ — излучения на микробиологию молока и свойства его компонентов [Текст] / В.Д. Харитонов, С.Е. Дмитриева, Б.С. Гаврюшенко и др // Молочная промышленность. — 2009, № 12. — С.31 — 32.
5. *Установка* для електроіскрового оброблення рідких середовищ [Текст]: пат. 22033 України. / А.І. Маринін, Ю.О. Дашковський, А.І. Українець, В.П. Василів, В.В. Олішевський. — Опубл. 10.04.07. Бюл. №4.
6. *Слива Ю.В.* Вплив електрогідрравлічного ефекту на мікрофлору дифузійного соку [Текст] / Л.М. Хомічак, В.М. Логвін, А.І. Маринін // Цукор України. — 2005. — № 4. — С. 20 — 22.
7. *Слива Ю.В.* Розроблення способу одержання дифузійного соку з використанням електроіскрових розрядів [Текст]: автореферат канд. техн. наук. 05.18.05/ НУХТ. — 2007 — 25 с.

В статье представлено результаты микробиологических исследований сыворотки молочной, обработанной электроискровыми разрядами с напряжением 30...45 кВт и количеством импульсов от 5 до 25 с шагом 5. Определено, что обработка электрическими разрядами с напряжением 45 кВ и количеством разрядов 15...25 более эффективна, так как общее количество микроорганизмов молочной сыворотки уменьшилось в среднем на 50...55 %. Электрогидравлический эффект имеет инактивирующее действие на все виды микроорганизмов, которые исследовали.

Ключевые слова: молочная сыворотка, электроискровые разряды, микробиологические показатели, инактивация.

O. Chernyushok, O. Kochubey-lytvynenko, A. Puhliak
Influence of electric discharges
on microbiological characteristics of milk whey

Article contains research results of milk whey processed by electrospark discharges with 30...45kV and impulse quantity ranging from 5 to 25 with a step of 5. Partial inactivation of microorganism was observed after electrohydraulic processing of milk whey with 30...40 kV and discharge quantity of 5...10. Their quantity decreased on average by 10...26 % comparing to control. It is experimentally determined that electrospark discharge processing with 45kV and discharge quantity of 15...25 is the most effective as a total quantity of microorganisms in milk whey decreased on average by 50...55 %.

A microbiological activity of the whey during the storage was determined at the next stage of the research: dynamic growth of microorganisms were observed in pasteurized unprocessed whey while in the whey processed with electrospark discharge but pasteurized in the same processing conditions, there was insignificant growth of microorganisms only on the fifth day of the storage.

It is confirmed that electrohydraulic influence has inactivated effect on all kinds of microorganisms subject to research.

Key words: milk whey, electrospark discharge, microbiological indicators, inactivation.

Одержана редколлегією 5.09.2013 р.

**О.В. ГРЕК,
О.О. КРАСУЛЯ**

Національний університет харчових технологій

ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ ЗВ'ЯЗАНОЇ ВОЛОГИ В СИРОВАТКОВИХ НАПОЯХ З ХАРЧОВИМИ ВОЛОКНАМИ

Методом ІЧ-спектроскопії досліджено форми зв'язаної вологи в молочно-рослинних основах для виробництва сироваткових напоїв з харчовими волокнами. Виявлено, що найкращу сорбційну здатність до води виявляють харчові композити з апельсиновими харчовими волокнами.

Ключові слова: сироваткові напої підвищеної в'язкості, ІЧ-спектри, молочно-рослинні суміші, вільна і зв'язана волога.

Вода присутня в різноманітних рослинних і тваринних продуктах як клітинний, так і позаклітинний компонент, як диспергуюче середовище і розчинник, яка зумовлює їх кон-систенцію і структуру, впливає на зовнішній вигляд, смак та стійкість продукту при зберіганні. Взаємодіючи з білками, полісахаридами, ліпідами і солями, вода значно впливає на реологічні показники продукту [1].

Загальновідомо, що вода в харчових продуктах може знаходитись у вільній і зв'язаній формі. При розчиненні проходить реакція взаємодії, яка характеризується тим, що певна кількість молекул води зв'язується з молекулами розчиненої речовини, зменшуючи кількість вільної (незв'язаної) вологи.

Один із способів переведення вільної вологи в зв'язану — внесення вологозв'язуючих компонентів (солей, функціональних добавок, полісахаридів, харчових волокон та ін.) [2].

Компоненти харчових волокон (ХВ) характеризуються різною здатністю сорбувати воду. Присутність первинних і вторинних гідроксильних (целюлоза, геміцелюлоза), фенольних (лігнін), карбоксильних (геміцелюлози, пектинові речовини) груп зумовлюють міжмолекулярну взаємодію (водневі зв'язки), здатність сорбувати воду і інші полярні молекули і іони. Так пектинові речовини, полісахариди геміцелюлоз володіють підвищеною вологоутримуючою здатністю. Менше зв'язує воду лігнін. Целюлоза володіє системою тонких субмікроскопічних капілярів, що дозволяє утримувати і поглинати вологу.

Волога поглинається ХВ в результаті сорбції, першочергово накопичуючись на їх поверхні, а потім розподіляючись за всім об'ємом шляхом дифузії. Тому вологість ХВ визначається їх розміром частинок. В набухлому полімері розрізняють воду зв'язану (або гідраційну) і вільну (або капілярну). Чим вищі гідрофільні властивості полімеру, тим більше він містить зв'язаної води. Характер розподілення пор за розмірами впливає на міцність утримування вологи волокнами [3, 4].

Метою роботи є визначення форм зв'язку вологи в молочно-рослинних сумішах для виробництва сироваткових напоїв підвищеної в'язкості.

Метод ІЧ-спектроскопії широко використовується для ідентифікації хімічних сполук, функціонального аналізу, з'ясування природи між- і внутрішньо молекулярних взаємодій, вивчення водневих зв'язків та ін. Метод ІЧ-спектроскопії є досить інформативним при вивченні сорбційних процесів за участю води. Тому вищевказаний метод було застосовано для визначення форм зв'язаної вологи в молочно-рослинних основах для виробництва сироваткових напоїв.

На першому етапі готували суміші на основі води та молочної сироватки з харчовими волокнами (шротом з плодів з розторопші плямистої, яблучним пектином в клітковині та

апельсиновими харчовими волокнами) за відповідними рецептурами. Отримані зразки висушували та подрібнювали у яшмовій ступці та ретельно перемішували 1 — 2 г з 3 — 4 краплями чистого вазелінового мастила (нуйолу) до отримання суспензії. В якості внутрішнього стандарту використовували нуйол, який не має додаткових смуг в області поглинання води. ІЧ-спектр суспензії знімали за методом роздушеної краплі між віконцями КРС-5 на FTIR-спектрофотометрі «Nexus» фірми «Nicotel», США. Режим зйомки: діапазон сканування — 400 — 4000 см^{-1} , число сканів за сек — 7, інтервал сканування — 1 см^{-1} .

Віднесення смуг пропускання ІЧ-спектрів молочної сироватки, рослинних інгредієнтів та водно-рослинних і молочно-рослинних сумішей на їх основі показано на рисунках 1, 2, 3.

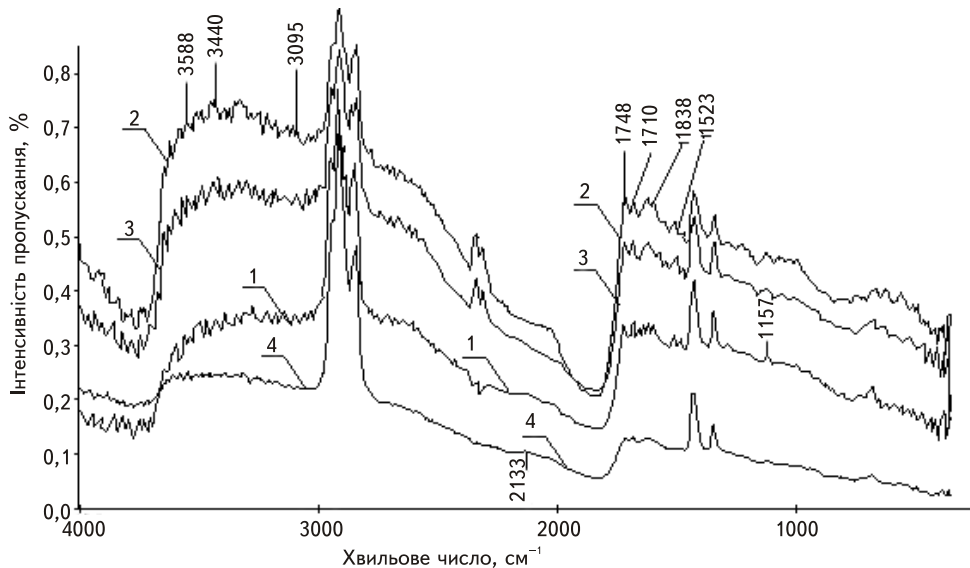


Рис. 1. Інфрачервоні спектри пропускання:

- 1 — суха молочна сироватка; 2 — шрот з плодів з розторопші плямистої;
- 3 — водно-рослинна суміш «вода + шрот з плодів з розторопші плямистої»;
- 4 — молочно-рослинна суміш «сироватка + шрот з плодів з розторопші плямистої»

Як видно з рис. 1, в усіх спектрах спостерігаються чіткі смуги в області валентних коливань $\text{C}=\text{O}$ (1748/1710 см^{-1}), $\text{C}-\text{O}$ (1157 см^{-1}) і слабо H^+ -зв'язаних $\text{O}-\text{H}$ (3566 см^{-1}) груп. Дві смуги $\text{C}=\text{O}$, а також $\text{C}-\text{O}$ і OH можуть свідчити про наявність двох типів карбоксильних груп ($-\text{C}(\text{O})_2^-$).

Характерними смугами води є широка смуга OH -валентного коливання в області 3440 см^{-1} в зразках (1-3) і деформаційне ножичне коливання 1638 см^{-1} в усіх зразках. Широкі смуги в області 3440 см^{-1} і 1638 см^{-1} , що спостерігаються на всіх спектрах належать відповідно валентному і деформаційному коливанням води. Поглинання води в області вище 3400 см^{-1} зумовлено слабкими водневими зв'язками, що спостерігаємо в спектрі молочної сироватки (1) та шроту з плодів з розторопші плямистої (2) (смуга 3440 і 3566 см^{-1}). Поглинання в області 3400 — 3600 см^{-1} відноситься до OH -груп матриці молочної сироватки і води, які перебувають у слабкому H^+ -зв'язку. Це свідчить про мінімальну сорбційну здатність до води шроту з плодів розторопші плямистої.

Наведені спектральні дослідження молочної сироватки (1), яблучного пектину в клітковині (2), водно-рослинної суміші «вода + яблучний пектин в клітковині» (3) та молочно-рослинної суміші «сироватка + яблучний пектин в клітковині» (4) на рис. 2. свідчать, що прояви спектральних зв'язків $\text{C}=\text{O}$ подібні до наведених на рис. 1 (1748 см^{-1}), $\text{C}-\text{O}$ (1151 см^{-1}) груп.

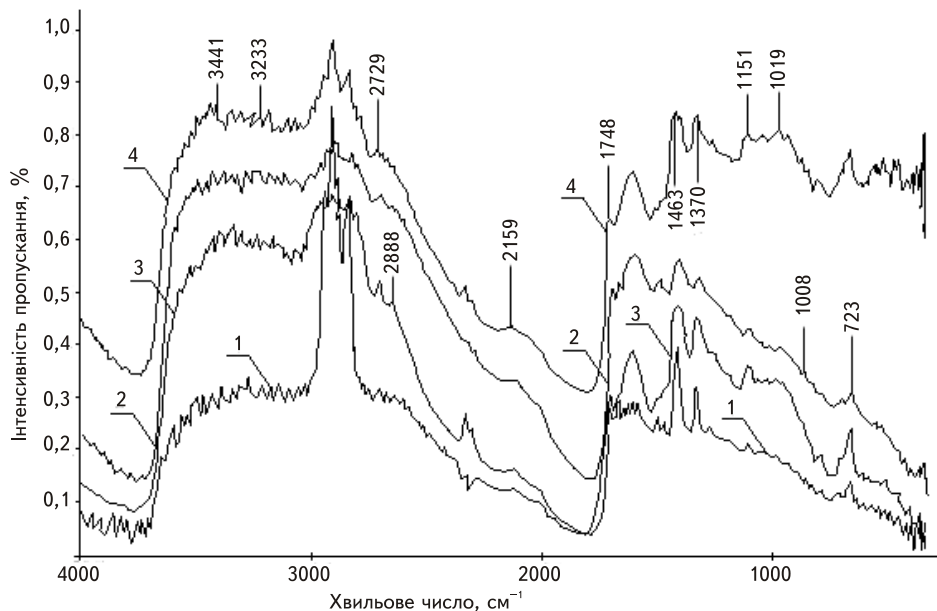


Рис. 2. Інфрачервоні спектри пропускання:

1 — суха молочна сироватка; 2 — яблучний пектин в клітковині; 3 — водно-рослинна суміш «вода + яблучний пектин в клітковині»; 4 — молочно-рослинна суміш «сироватка + яблучний пектин в клітковині»

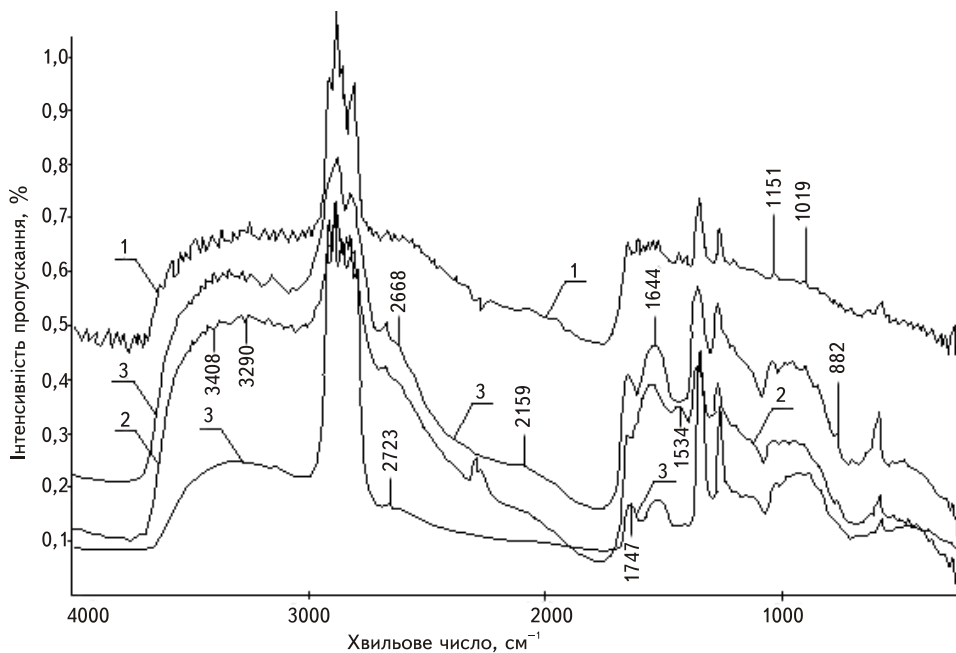


Рис. 3. Інфрачервоні спектри пропускання:

1 — суха молочна сироватка; 2 — апельсинові харчові волокна; 3 — водно-рослинна суміш «вода + апельсинові харчові волокна»; 4 — молочно-рослинна суміш «сироватка + апельсинові харчові волокна»

Широке безперервне поглинання в області 2688 см^{-1} (3) і нижче зумовлено рухливим протоном кислот і лугів у воді. Чим вища кислотність або лужність, тим вища рухливість H^+ і ширше та інтенсивніше поглинання в діапазоні нижче 3000 см^{-1} , що спостерігаємо в спектрі (2, 3, 4) — смуга 2729 см^{-1} . Неперервне поглинання нижче 3000 см^{-1} свідчить про наявність міцних водневих зв'язків і високу концентрацію рухливого протону. Широка смуга 2159 см^{-1} зразків (1 – 4) зумовлена H^+ -зв'язком, коли рухливих протон «тунелює» крізь енергетичний бар'єр між двома атомами кисню.

В ІЧ-спектрах пропускання сухої молочної сироватки (1), апельсинових харчових волокон (2), водно-рослинної суміші «вода + апельсинові харчові волокна» (3) і молочно-рослинної суміші «сироватка + апельсинові харчові волокна» наведених на рис. 3 спостерігаються коливання зв'язків $\text{C}=\text{O}$ (1753 см^{-1}), $\text{C}-\text{O}$ (1151 см^{-1}) і слабо H^+ -зв'язаних $\text{O}-\text{H}$ (3408 см^{-1}) груп.

Спостерігається широка смуга 2159 см^{-1} зразків (2 і 3), що зумовлена H^+ -зв'язком. Поява смуг 2668 та 2723 см^{-1} в зразках (2 – 4) може свідчити про утворення міцних H^+ -зв'язків місткового типу і появою дисоційованого рухливого протону.

Спектральні прояви таких зв'язків виявлено в зразку водно-рослинна суміш «вода + апельсинові харчові волокна» (3) (смуга 2159 см^{-1}). Відносна інтенсивність смуг води найбільша в спектрі водно-рослинної суміші «вода + апельсинові харчові волокна» (3), в якому крім H^+ -форми карбоксильної групи фіксується і солева (смуга 1534 см^{-1}).

Характерною особливістю спектрів композиційних сумішей з апельсиновими харчовими волокнами є чітке збільшення відносної інтенсивності смуги 1741 см^{-1} (3), що характерна для H^+ -форми карбоксильної групи. Отримані результати свідчать про високу вологозв'язуючу здатність, що досягається в першу чергу завдяки відкритій і розширеній структурі комірки апельсинового харчового волокна. Останні здатні зв'язувати значну кількість води і тримати її протягом всього часу виробничого процесу і зберігання продукту.

Висновки. Отже, як видно зі спектральних даних максимальну сорбційну здатність до води виявляють харчові композити з апельсиновими харчовими волокнами. Для всіх досліджених зразків спостерігається два типи сорбованої води з різною силою водневого зв'язку. Відносна інтенсивність $\text{C}=\text{O}$ смуги карбоксильної групи збільшується в напрямку шрот з плодів розторопші плямистої → яблучний пектин в клітковині! апельсинові харчові волокна. Останні мають найкращу вологозв'язуючу здатність за рахунок найбільшій питомій поверхні частинок та спеціальній механічній обробці цитрусових шляхом розкриття і розчинення структури комірок волокна без використання хімічних реагентів. Гірше зв'язує воду яблучний пектин в клітковині, так як має більший розмір частинок. Шрот з плодів розторопші плямистої має найгірші вологозв'язуючі властивості порівняно з вище вказаними рослинним інгредієнтами, за рахунок високого вмісту в складі лігніну.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Вода в пищевых продуктах* / Под ред. Р.Б. Дакуорта. — Пер. англ. — М.: Пищевая пром-сть. — 1980. — 376 с.
2. *Рогов И.А. Химия пищи* / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко // М.: КолосС. — 2007. 853 с.
3. *Дудкин М.С. Новые продукты питания* / М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов // М.: МАИК «Наука». — 1998. — 304 с.
4. *Бобровник Л.Д. Углеводы в пищевой промышленности* / Л.Д. Бобровник, Г.А. Лезенко // К.: Урожай. — 1991. — 112 с.

Методом ІК-спектроскопії досліджено форми зв'язаної вологи в молочно-растительних основах для виробництва сывороточних напоїв з харчовими волокнами. Обнаружено, что лучшую сорбционную способность к воде имеют пищевые композиты с апельсиновыми пищевыми волокнами.

Ключевые слова: сывороточные напитки повышенной вязкости, ІК-спектры, молочно-растительные смеси, свободная и связанная влага.

O.V. Grek, O.O. Krasulya

***Determination of bound moisture forms
in whey drinks with food fibres***

With the method of IR-spectroscopy the forms of bound moisture in milk-vegetable mixtures for the production of whey drinks with dietary fibers were researched. This method is widely used to identify chemical compounds, functional analysis, to determine the nature of inter-and intra-molecular interactions, study of hydrogen bonds and others. The method of IR spectroscopy is quite informative in the study of sorption processes involving water. Therefore, the above method was used to determine the forms of bound moisture in milk-vegetable mixtures for the production of whey drinks. It was revealed that the highest sorption capacity for water was found in food mixtures with orange dietary fibers, for which there are two types of sorbed water with different strength of hydrogen bonds. Feature of the spectrum of such composite mixtures is clear increase of relative intensity of band 1741 cm^{-1} , which is typical for H +-form carboxyl groups. It was found that orange dietary fiber has the best water-binding ability because of the largest specific surface area of particles and special mechanical treatment of citrus plants due to dissolution and disclosure of fiber cell structure without using chemicals. Apple pectin in cellulose binds less water because of its larger size particles. Protein meal from fruit of Saint-Mary-thistle due to high content of lignin in its composition has the worst water-binding properties compared with the above mentioned vegetable ingredients.

Key words: whey drinks of enhanced viscosity, IR-spectrum, milk-vegetable mixture, free and bound moisture.

Одержана редколегією 6.06.2012 р.

УДК 663.551

**Ю.В. БУЛІЙ,
П.Л. ШИЯН***Національний університет харчових технологій***П.А. ДМИТРУК, А.І. МАЛИГІН***ТОВ «Техінсервіс-процес»*

ТЕХНОЛОГІЯ РЕКТИФІКАЦІЇ В РЕЖИМІ КЕРОВАНИХ ЦИКЛІВ

Запропонована технологія ректифікації в режимі керованих циклів затримки рідини на тарілках та синхронного її переливу з тарілки на тарілку по всій висоті колонного апарата за заданим алгоритмом при безперервній подачі в апарат пари та рідини. Впровадження інноваційної технології у виробництво дозволяє підвищити ефективність міжфазового контакту і знизити витрати греючої пари на процес ректифікації на 40 %.

Ключові слова: керовані цикли, ректифікація, фазова рівновага, масообмін, переливні пристрої, ректифікаційна колона.

Технічний прогрес в спиртовій промисловості нерозривно пов'язаний з розробкою та впровадженням високоефективних колонних апаратів та енергозберігаючих способів масообміну в процесі брагоректифікації. В умовах

виробництва для розділення багатокомпонентних сумішей, як правило, застосовують тарілчасті контактні пристрої, за допомогою яких відбувається ступінчастий контакт фаз по висоті колони. Тарілки ректифікаційних колон виготовляють різної конструкції: із зливними пристроями (ковпачкові, ситчасті, клапанні, однонаправлені), без зливних пристроїв або провальні (ситчасті, ґратчасті, трубчасті, клапанні), інжекційні, насадкові, плівкові, розпилювальні та пристрої із зовнішнім підведенням енергії. Коефіцієнт корисної дії (ККД) тарілок залежить від їх конструкції, діаметра та вільного перерізу колони, її навантаження, міжтарілкової відстані, швидкості пари, фізичних властивостей суміші, що підлягає розділенню тощо. ККД визначають дослідним шляхом. Для більшості тарілок він дорівнює 0,4...0,6 [1]. За останні десятиліття запропоновано значну кількість нових контактних пристроїв, особливості яких ще недостатньо досліджені: наприклад, клапанні тарілки EDV. Зусилля дослідників направлені на вдосконалення конструкції пристроїв для забезпечення найбільш інтенсивного контакту пари й рідини, ефективність якого визначають за ступенем досягнення фазової рівноваги. Практично на реальних тарілках така рівновага майже ніколи не досягається. Однією з вагомих причин цього є незначний проміжок часу перебування контактуючих фаз на тарілці. Очевидно, існує межа, нижче якої час контакту рідини та пари недостатній для досягнення фазової рівноваги. Тривалість циклів визначають експериментально, оскільки час контакту фаз у кожному окремому випадку залежить від якісного складу потоків живлення та конструктивних особливостей контактних пристроїв. Для забезпечення максимально можливого ККД самої простої за конструкцією тарілки (наприклад, ситчастої) необхідним є створення умов, при яких відбувається визначена у часі примусова затримка рідини на тарілці на термін, необхідний для повного насичення пари легколеткими компонентами рідини, а рідини — важколеткими компонентами пари. Впровадження технології ректифікації з керованими циклами затримки рідини на тарілках та її переливу по тарілках колонних апаратів дозволяє наблизити ефективність кожної реальної тарілки до ефективності теоретичної. При цьому в значній мірі знижуються витрати греючої пари на процес ректифікації, скорочуються об'єми спиртовмісних відходів виробництва, зменшується собівартість обладнання.

Перші вітчизняні колонні апарати з контрольованими циклами ректифікації були запропоновані співробітниками КТХП під керівництвом професора В.М. Тарана у 80-х роках

© Ю.В. Булій, П.Л. Шиян, А.П. Дмитрук, А.І. Малигін, 2012

[2, 3, 4]. Дія апаратів дозволяла забезпечити роздільний рух фаз по колоні, інтенсифікувати процес масообміну за рахунок одноразової зміни рідинної затримки на тарілках, підвищити ефективність роботи контактних пристроїв в період подачі пари і зменшити витрати гріючої пари на процес. Основними недоліками запропонованого способу ректифікації були періодичність подачі пари та рідини, відсутність масообміну в період надходження рідини на тарілку або її переливу, низька пропускна здатність пари та рідини. Колонні апарати циклічної ректифікації не знайшли промислового використання.

У 2003 р. співробітники ТОВ «Техінсервіс-процес» запропонували технологію ректифікації, що відбувається в режимі керованих циклів затримки рідини на тарілках ректифікаційної колони, оснащеної масообмінними контактними пристроями, дія яких залежить від тиску гріючої пари [5, 6]. Інноваційна технологія передбачає періодичну подачу гріючої пари та рідини у колонний апарат. При цьому перелив рідини з тарілки на тарілку відбувається через перехідну ємкість в момент припинення подачі пари.

Виробничі випробування технології проводились в умовах ДП «Ковалівський спиртовий завод». Для досліджень була виготовлена і змонтована експериментальна бражна колона діаметром 325 мм. Колона мала 10 тарілок, відстань між якими дорівнювала 600 мм; вільний переріз тарілки становив 7 %. Гріюча пара подавалась в кубову частину колони періодично з затримками 3 – 4 с. Випробування проводились на зерновій бражці з концентрацією спирту 8,0 % об. Встановлено, що перегонка бражки в режимі керованих циклів затримки та переливу рідини в повній мірі забезпечувала вилучення етилового спирту та супутніх йому органічних домішок при нормативних втратах спирту з бардою і питомій розрахунковій витраті гріючої пари 24 – 26 кг/дал спирту. Навантаження по бражці становило 20 – 21 м³/м²* год. В процесі досліджень були виявлені недоліки, які суттєво впливали на ефективність міжфазового контакту: відсутність масообміну в період переливу рідини з тарілки на тарілку, залежність роботи переливних пристроїв від тиску пари, низьке питома навантаження по бражці.

Подальші дослідження проводились з метою визначення ефективності технології керованої ректифікації в процесі розгонки головної фракції етилового спирту (ГФ). В схему брагоректифікації ДП «Липницький спиртовий завод» була включена розгінна колона (РК), яка працювала в режимі роздільного руху фаз. Колона діаметром 400 мм була оснащена 15 тарілками: 9 у відгінній частині і 6 у концентраційній. Відстань між тарілками становила 500 мм. Нижні частини контактних пристроїв були закріплені до проміжної перегородки, розташованої на відстані 250 мм від кожної тарілки, і слугували перехідними ємкостями для переливу рідини з тарілки на тарілку. Періодичність подачі пари та регулювання її витрат забезпечувались позиційним та аналоговим клапанами, установленими на трубопроводі подачі пари. ГФ подавали на 9-ту тарілку РК. Її витрати становили 10 % від спирту, що надходив з бражкою. Вода на гідроселекцію подавалась на 15 та 12-ту тарілки. Видима концентрація етилового спирту в кубовій рідині становила 10 % об., в утвореному естеро-сивушному концентраті (КЕС) — 95 % об. Температура в парі над верхньою тарілкою дорівнювала 80 °С, кубової рідини — 94 °С. Тиск в кубовій частині колони коливався в межах 10,8 – 11,8 кПа. Час одного робочого циклу дорівнював 80 с., час перетоку рідини 10 с., час затримки рідини на тарілках 30 с. КЕС відбирався з конденсатору РК в кількості 0,5 % від кількості спирту. Контроль технологічних параметрів здійснювався за допомогою приладів автоматики. Для визначення ефективності вилучення та кратності концентрування органічних домішок проводився хроматографічний аналіз дослідних проб ГФ, КЕС, кубової водно-спиртової рідини РК та епюрату, який відбирався з нижньої частини епюраційної колони. Результати їх аналізу приведені в таблиці. Із даних таблиці видно, що в процесі розгонки ГФ найбільшу кратність концентрування мали головні домішки — естери та альдегіди. Метилловий спирт вилучався частково, більша частина вищих спиртів сивушного масла не видалялася і поверталася у повторний цикл брагоректифікації, що призводило до їх накопичення в системі.

Витрати гріючої пари на процес розгонки ГФ в режимі керованих циклів ректифікації не перевищували 11 – 13 кг/дал а.а., що вводився в колону. В останні роки енергозберігаюча технологія ректифікації була впроваджена на Червонослобідському, Залозецькому і Косарському спиртових заводах з метою вилучення етилового спирту із побічних продуктів та спиртовмісних напівпродуктів брагоректифікації. Її використання дозволило збільшити вихід ректифікованого етилового спирту з 94...96 до 98...98,5 % від спирту, введеного з бражкою, понизити витрати

гріючої пари на розділення багатокомпонентної суміші на 40 %. Разом з тим експериментально доведено, що в процесі циклічної екстрактивної ректифікації не відбувається ефективного звільнення кубової рідини від проміжних та кінцевих домішок спирту. Для забезпечення відповідної якості товарної продукції необхідно збільшувати відбір КЕС до 1,0...1,1 %. Крім того залежність роботи переливних пристроїв від тиску пари, наявність перехідних емкостей і велика міжтарілкова відстань обмежують колону по висоті та зменшують її пропускну здатність по парі та рідині. Періодичний спосіб подачі гріючої пари приводить до виникнення імпульсу запізнення підняття клапанів по висоті колони, коливання тиску в загальному колекторі пари, що негативно впливає на роботу основних колон.

Розподілення груп легких домішок та кратність їх концентрування в процесі розгонки ГФ

Назва домішки	Концентрація домішок, мг/дм ³				Кратність концентрування домішок
	ГФ	КЕС	Кубова рідина	Епюрат	
альдегіди	1200	6500	0,4	1,0	5,4
естери	6000	37000	3,0	8,0	6,2
метанол, % об.	0,13	0,4	0,004	0,008	3,1
сивушне масло	3300	300	500	30000	0,09

Метою подальших досліджень було вдосконалення технології ректифікації, що відбувається в режимі керованих циклів затримки та переливу рідини при безперервній подачі потоків живлення та гріючої пари в колону, підвищення ефективності міжфазового контакту в період затримки та переливу рідини.

Для вирішення поставленої задачі нами була запропонована технологія ректифікації, яка передбачає проведення керованих циклів за рахунок додатково встановлених в тарілчастому апараті рухомих клапанів, зв'язаних з приводними механізмами, дія яких відбувається за заданим алгоритмом відповідно до програми контролера і не залежить від режиму подачі гріючої пари та її тиску [7]. Тривалість циклів визначають експериментально залежно від ступеню досягнення фазової рівноваги.

На рис. 1 продемонстровано один із можливих варіантів здійснення запропонованої технології: а) — фрагмент ректифікаційної колони у розрізі у період затримки рідини на непарних за порядком розташування тарілках; б) — фрагмент колони у розрізі у період синхронного переливу рідини з непарних тарілок на нижче розташовані парні тарілки; в) — фрагмент колони у розрізі у період синхронного переливу рідини з парних тарілок на непарні.

Ректифікаційна колона містить корпус 1, парні за порядком розташування тарілки 2 та непарні тарілки 3. Відрахування порядку розташування тарілок ведеться від самої верхньої тарілки, на яку подається рідина. Тарілки оснащені барботажними елементами 10, які забезпечують масообмін між парою та рідиною. Такими елементами можуть слугувати, наприклад, ковпачки, клапани або інші контактні пристрої будь-якої відомої конструкції. В корпусі колони розміщені переливні пристрої 4 і 5, основними складовими яких є рухомі елементи 6 і 7, що зв'язані з відповідними приводними механізмами 8 і 9. Приводні механізми забезпечують рух елементів 6 і 7 відповідно до заданої програми контролера таким чином, що перелив рідини відбувається синхронно по всій висоті колони тільки з усіх непарних або тільки з усіх парних тарілок на нижче розташовані тарілки.

У початковий період роботи колони рідину подають на верхню її тарілку, а гріючу пару в кубову її частину. Рухомі елементи 6 і 7 переливних пристроїв 4 і 5 знаходяться у положенні, при якому перелив рідини відсутній (рис. 1 а). При цьому на непарних тарілках 3 відбувається визначена у часі затримка рідини.

На першому етапі переливу завдяки приводному механізму 8 рухомі елементи 6 займають положення, при яких рідина переливається з непарних тарілок 3 на нижче розташовані парні тарілки 2 (рис. 1 б). Після затримки рідини на парних тарілках приводний механізм 8 повертає рухомі елементи 6 у початкове їх положення, і перелив рідини з тарілки на тарілку припиняється. На другому етапі за допомогою приводного механізму 9 рухомі елементи 7 займають положення, при яких рідина переливається з кожної парної тарілки 2 на кожну нижче розташовану непарну тарілку 3 (рис. 1 в). Через заданий період часу приводний механізм 9 повертає рухомі елементи

7 в початкові їх положення, і перелив рідини припиняється. Рідина з останньої за порядком розташування тарілки виливається в об'єм колонного апарату на першому або другому етапі переливу рідини в залежності від того, парною чи непарною є остання тарілка. Далі наведені етапи повторюються по чергову. Заданий час затримки та час переливу рідини підтримуються контролером. Переливні пристрої можуть бути різної конструкції, наприклад, шибєрні заслінки, конічні клапани та інші, які використовують для регулювання потоків рідини; головне — щоб вони забезпечували перелив рідини за заданим алгоритмом.

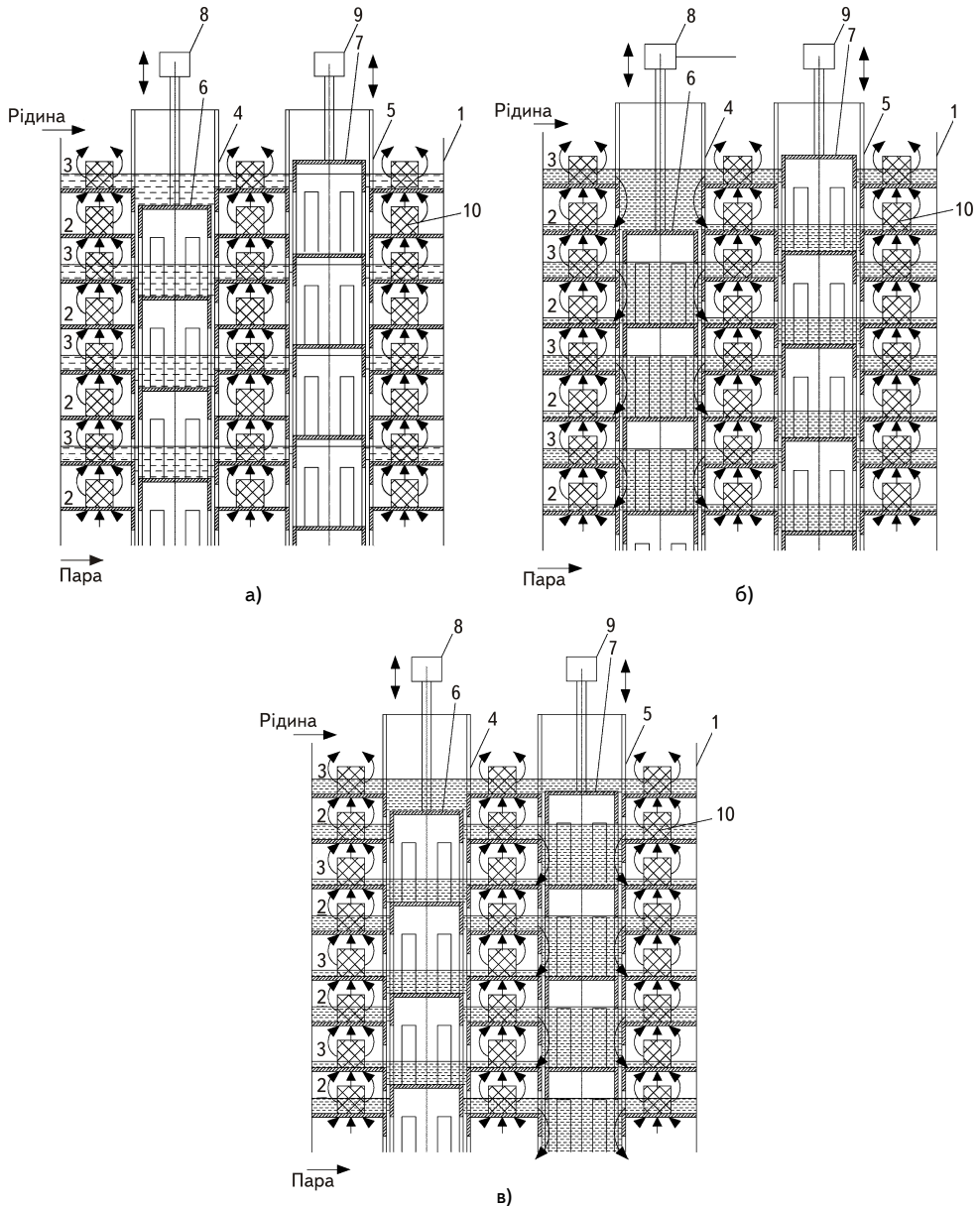


Рис. 1. Фрагмент ректифікаційної колони у розрізі у період здійснення керованих циклів затримки та переливу рідини

Висновки. Запропонована технологія ректифікації, яка відбувається в режимі керування циклів затримки та переливу рідини за рахунок додатково встановлених рухомих клапанів, зв'язаних з приводними механізмами, дія яких відбувається за заданим алгоритмом при безперервній подачі пари та рідини. Тривалість циклів визначають експериментально. Інноваційна технологія дозволяє забезпечити ефективний міжфазовий контакт в період затримки та переливу рідини, підвищити ККД самої простої за конструкцією тарілки (наприклад, ситчастої) і знизити витрати греючої пари на процес масообміну між рідиною та паром на 40 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Технологія спирту*. [В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, В.М. Швець, П.С. Циганков, І.Д. Жолнер.] / Під ред. проф. В.О. Маринченко. — Вінниця: «Поділля-2000», 2003. — 496 с.
2. *А.с. № 185847* (СССР). Массообменный аппарат для процес сов в режиме с контролируемыми циклами / А.В. Копыленко и В.М. Таран. — Оpubл. в Б.И., 1983, № 44.
3. *А.с. № 1360753* (СССР). Теплообменный аппарат / А.В.Копыленко, В.М. Таран и В.А. Заднепрный. — Оpubл. в Б.И., 1988, № 20.
4. *А.с. № 292342* (СССР). Теплообменный аппарат / А.В. Копыленко, В.М. Таран и В.А. Заднепрный. — Оpubл. в Б.И., 1987, № 47.
5. *Патент України* 60565 А. Спосіб перетікання рідини на тарілках колонних масообмінних апаратів / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. — Заявлено 10.12.02; Оpubл. 15.10.03, Бюл. № 10.
6. *Патент України* 60566 А. Массообмінний контактний пристрій / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. — Заявлено 10.12.02; Оpubл. 15.10.03, Бюл. № 10.
7. *Патент України* 89874 С2. Спосіб переливу рідини по тарілках колонного апарата у процесі масообміну між паром та рідиною / Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б., Дмитрук П.А., Булій Ю.В. — Заявлено 06.06.08; Оpubл. 10.03.10, Бюл. № 5.

Предложена технология ректификации в режиме управляемых циклов задержки жидкости на тарелках и синхронного ее перелива с тарелки на тарелку по всей высоте колонного аппарата за заданным алгоритмом при непрерывной подаче в аппарат пара и жидкости. Внедрение инновационной технологии в производство позволяет повысить эффективность межфазового контакта и сократить расход греющего пара на процесс ректификации на 40 %.

Ключевые слова: управляемые циклы, ректификация, фазовое равновесие, массообмен, переливные устройства, ректификационная колонна.

Y.V. Buliy, P.L. Shiyan, A.P. Dmitruk, A.I. Malygin

Technology of rectification is in the mode of the guided cycles

Work of the known columnar vehicles is analysed with the controlled cycles of rectification. The brought results over of productive tests of technology of the guided rectification that envisages flowing of liquid from a dish on a dish through a transitional capacity at the change of pressure of steam stream. Indicated advantages and lacks of technology. More perfect technology of rectification is offered in the mode of the guided delay of liquid on piattis and her synchronous flowing loops from a dish on a dish on all height of column due to the additionally set movable valves, related to the drive mechanisms the action of that takes place after the set algorithm in accordance with the program of inspector. Time of stay of phases is on a dish, necessary for the complete satiation of pair the easily volatile components of liquid, and liquids — by the difficult volatile components of pair, it is determined experimentally. Introduction of innovative technology in an alcoholic production allows to promote efficiency of line-to-line contact and decrease expenses warming pair on the process of rectification on 40 %. One of possible variants is schematically shown her realizayion.

Key words: guided cycles, rectification, phase equilibrium, mass transfer, flowing devices, column of rectification.

Одержана редколегією 22.05.2012 р.

**Н.В. ЧЕПЕЛЬ,
Н.Е. ФРОЛОВА,
В.О. УСЕНКО,
К.А. НАУМЕНКО,
О.М. УСАТЮК**

Національний університет харчових технологій

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ УСТАНОВКИ ВАКУУМНОГО ФРАКЦІОНУВАННЯ З ОДЕРЖАННЯ ВУЗЬКИХ ФРАКЦІЙ ЕФІРНИХ ОЛІЙ

Для досягнення одержання запланованих вузьких фракцій ефірних олій, що використовуються в технології натуральних ароматизаторів, було запропоновано удосконалення автоматизованої установки вакуумного фракціонування ефірних олій. Проведено розрахунки основних характеристик, конструкції та розмірів установки вакуумної ректифікації. Оцінку правильності удосконалення установки проводили з застосуванням газової хроматографії, що дала змогу визначити компонентний склад одержаних фракцій на прикладі ефірної олії кропу.

Ключові слова: вакуумне фракціонування, установка, ефірні олії, фракції.

Вакуумна ректифікація — тривалий і складний процес навіть для розділення суміші, що складається з двох речовин. Для виділення з ефірних олій речовин окремих напрямків аромату її фракціонують, використовуючи різні способами. Так, значна частина ефірних олій підлягає детерпенізації — очищенню від речовин з неприємним запахом та речовин, що легко окислюються на повітрі й особливо на світлі (терпени і сесквітерпени) [1].

Даний процес здійснюється перегонкою з парою, але при цьому вихідною сировиною є не рослинна сировина, а готова ефірна олія. Кожний вид ефірних олій має свої оптимальні умови детерпенізації. Однак, при цьому не вдається виділити тільки задані речовини, разом з ними у більшій або меншій мірі вилучаються небажані цінні компоненти. В результаті детерпенізації отримують дві фракції ароматичних речовин: перша — терпенова, друга — очищена ефірна олія.

При отриманні натуральних ароматизаторів з ефірних олій враховують не тільки можливу стабілізацію характеристик, а й створення нових напрямків аромату. За відомим способом [2] отримання цитрала, гераніола і l-ліналоола спочатку з геранієвої ефірної олії виділяють цитраль сульфатним методом. Потім очищену від цитрала ефірну олію обмилюють спиртовим або водним розчином гідроксиду натрію і ректифікують на колонці з ефективністю 8...8,5 теоретичних тарілок при зниженому тиску. В результаті отримують гераніюльну та l-ліналоольну фракції.

Вченими [3] запропоновано одночасне концентрування та фракціонування ароматичних речовин апельсинового соку, що здійснюється на промисловій ректифікаційній установці з миттєвим випаровуванням вихідної суміші за температури 90 °С, тиску 525 мм рт. ст.

Нажаль, розглянуті технології мають вагомий недолік — складність виділення фракцій компонентів з низьким вмістом у вихідній ефірній олії.

Отже, науковцями Національного університету харчових технологій розроблено теоретичний підхід до визначення параметрів розділення ефірних олій за запланованими її компонентами, що дозволить застосувати спосіб вакуумної ректифікації для одержання вузьких

фракцій ефірних олій. Перевагами способу вакуумної ректифікації є: відсутність хімічних реакцій, які можуть змінити ароматичний склад фракцій; відносно низькі температури проведення процесу, що виключають ізомеризацію і полімеризацію сексвітерпенів ефірних олій; висока продуктивність, що забезпечує одержання фракції ефірних олій, збагачених цінним компонентом за цільовим призначенням.

Досягнення отримання запланованих вузьких фракцій ефірних олій вакуумної ректифікації — залежить від наступних чинників: фізико-хімічних властивостей ароматичних речовин ефірних олій; параметрів проведення процесу (залишкового тиску, температури, числа теоретичних тарілок і флегмового числа); розмірів і конструкції установки вакуумного фракціонування.

Ароматичні речовини, що входять до складу ефірних олій, мають різні фізико-хімічні характеристики, що суттєво впливають на процес вакуумної ректифікації. По-перше, в залежності від температури кипіння ароматичних речовин визначається температурний інтервал відбору запланованої фракції, що максимально збагачена заданим компонентом. По-друге, відносна густина ароматичних речовин впливає на ступінь збагачення пари заданим компонентом. Чим менша відносна густина ароматичної речовини, тим швидше і в значній кількості збагачується пара даним компонентом. Отже, зазначені фізико-хімічні характеристики враховувались при встановленні температурних інтервалів відбору вузьких фракцій ефірних олій, збагачених оптично активними ізомерами, й визначенні мольних концентрацій вихідної суміші та дистилляту.

Важливими чинниками успішного проведення розділення бінарних систем вважаються параметри вакуумної ректифікації (залишковий тиск, температура, число теоретичних тарілок і флегмове число. Але, дотримання визначених параметрів проведення вакуумної ректифікації залежить від розмірів та конструкції установки вакуумної ректифікації.

При виборі конструкції та розмірів установки вакуумної ректифікації ефірних олій керувались наступними важливими показниками, що характеризували доцільність її застосування: число дійсних тарілок розділення ефірних олій на заплановані вузькі фракції; геометричні розміри ректифікаційної колони, що забезпечують задану її продуктивність; енергетичні затрати на проведення розділення ефірної олії на заплановані фракції.

Число дійсних тарілок n_d є однією із важливих характеристик ректифікаційних колон, за якою проводять вибір конструкції і розмір установки вакуумної ректифікації. По-перше, число дійсних тарілок ректифікаційної колони повинно бути більшим за число теоретичних тарілок розділення бінарної системи ефірних олій. По-друге, чим більше число дійсних тарілок ректифікаційної колони, тим краще проходить насичення (збагачення) пари заданим компонентом і розділення на вузькі фракції.

Використовуючи графічний методом Мак-Кеба-Тиле, було визначено число теоретичних ступенів розділення n_t реального процесу, яке на практиці досягнути не можливо. Тому, визначали мінімально необхідне число дійсних тарілок ректифікаційної колони n_d з врахуванням середнього коефіцієнту корисної дії тарілок η_{cp} за загальноприйнятою формулою 1 [4]

$$\eta_{cp} = n_t / n_d. \quad (1)$$

Виходячи з наведених міркувань, число дійсних тарілок ректифікаційної колони для одержання вузьких фракцій ефірних олій повинно становити не менше 10.

Другим важливим етапом вибору розмірів і конструкції установки вакуумної ректифікації є обґрунтування вибору виду ректифікаційної колони, в залежності від якого розраховується її діаметр та висота.

Нами було обрано насадкову ректифікаційну колону, що має наступні переваги: площа дотику пари з контактним пристроєм насадкових колон значна, що забезпечує високу ефективність масо-теплообміну між рідиною і парою та розділення компонентів на вузькі фракції; характеризувалась малим гідравлічним опором у середині ректифікаційної колони, що дозволяє мінімізувати її розміри колони для досягнення запланованого розділення; набули широкого застосування у різних галузях харчової промисловості завдяки високій стійкості до корозії та порівняно низькій ціні.

Діаметр насадкових ректифікаційних колон розраховується за загальноприйнятою формулою 2 [4]

$$D = \sqrt{\frac{4G}{\pi\omega}}, \quad (2)$$

де G — об'ємні витрати вихідної суміші, см^3 ; ω — фіктивна швидкість пари, $\text{см}/\text{с}$.

Об'ємні витрати вихідної суміші завжди відомі. У разі концентрування оптично активних ізомерів ефірних олій, оптимальними витратами ефірної олії вважаються 5 см^3 . Ця кількість забезпечить одержання значної кількості вузьких фракцій ефірних олій, що буде достатньою для виділення оптично активних ізомерів у чистому вигляді.

Вибір фіктивної швидкості пари базується на наступних міркуваннях. З одного боку, з підвищенням швидкості потоку збільшуються коефіцієнти масопередачі, що призводить до зменшення робочого об'єму ректифікаційної колони. З другого боку, з підвищенням швидкості потоку також спостерігається збільшення гідравлічного опору у середині колони, що характеризується високими витратами енергії на проведення процесу.

Тому, на практиці розрахунок фіктивної швидкості пари проводять із визначення максимальної швидкості, при якій спостерігається «захливання» ректифікаційної колони. При «захливанні» ректифікаційної колони процес розділення суміші не проходить і ректифікаційна колона працює «сама на себе».

Фіктивна швидкість пари ω , яка відповідає «захлинанню» ректифікаційної колони, визначається з рівняння (3) [4].

$$\lg(\omega^3 a \rho_n \mu_{ж}^{0,16} / g S_{\text{св}}^3 \rho_{ж}) = 0,125 - 1,75 (L/G)^{1/4} (\rho_n / \rho_{ж})^{1/8}, \quad (3)$$

де $S_{\text{св}}$ — свобідний розріз насадки, $\text{см}^2/\text{см}^3$; a — питома поверхня насадки, $\text{см}^2/\text{см}^3$; L, G — витрати рідини та пари при «захливанні» ректифікаційної колони, $\text{кг}/\text{с}$; $\rho_n, \rho_{ж}$ — густина рідини і пари, $\text{кг}/\text{см}^3$; $\mu_{ж}$ — в'язкість рідини, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

Знаючи число дійсних тарілок ректифікаційної колони n_d та висоту насадки в ректифікаційній колоні h , можна визначити висоту насадкової ректифікаційної колони H за формулою 4 [4]

$$H = (n_d - 1) \cdot h. \quad (4)$$

Використовуючи вищезазначені формули та комп'ютерний редактор EXCEL, були розраховані діаметр насадкової ректифікаційної колони, який становив 5 см , й висоту насадкової ректифікаційної колони, яка відповідала 80 см .

Важливим показником при виборі конструкції та розмірів установки вакуумної ректифікації ефірних олій є встановлення енергетичних затрат на проведення вакуумної ректифікації з одержанням вузьких фракцій ефірних олій.

Проведення процесу вакуумної ректифікації вимагає значних енергетичних затрат, якщо нагрівання колони передбачає застосування насиченої водяної пари. Нами запропоновано для підігріву ректифікаційних колон малого діаметру використовувати електронагрівання, що значно зменшує енергетичні затрати. Враховуючи зазначені характеристики і проаналізувавши відомі установки вакуумної ректифікації [5], запропоновано використання автоматизованої установки вакуумного фракціонування ефірних олій (АУВФ) для одержання її вузьких фракцій.

Технічні параметри АУВФ ефірних олій подані в таблиці.

Оцінюючи технічні параметри АУВФ ефірних олій та основні вимоги щодо основних характеристик, розмірів та конструкції установки вакуумної ректифікації, було вирішено удосконалити АУВФ ефірних олій для досягнення запланованого одержання вузьких фракцій ефірних олій. Однією відмінністю між технічними параметрами АУВФ ефірних олій та основними вимогами щодо основних характеристик, розмірів та конструкції установки вакуумної ректифікації є різниця у висоті насадкової ректифікаційної колони: за технічними параметрами АУВФ — 60 см , а за розрахунками — 80 см .

Технічні параметри АУВФ ефірних олій

Назва параметру	Характеристика
Робоча висота ректифікаційної колони, см	60
Діаметр насадкових царг, мм	50
Кількість насадкових царг, шт	3
Об'єм куба, см ³	100
Гранична температура перегонки, °С	180
Розмір скляної насадки, мм	2...3
Тип голівки	головка повної конденсації
Роздільна здатність (число теоретичних тарілок)	10...15
Робочий тиск, кПа	101,3
Тип охолоджувальної рідини	водопровідна вода
Флегмове число	3...10
Споживча потужність підігрівача куба, Вт	100
Споживча потужність вакуум-насоса, Вт	400

Тому, удосконалення АУВФ ефірних олій для досягнення запланованого одержання вузьких фракцій ефірних олій полягає у монтуванні ще однієї насадкової царги, що дає

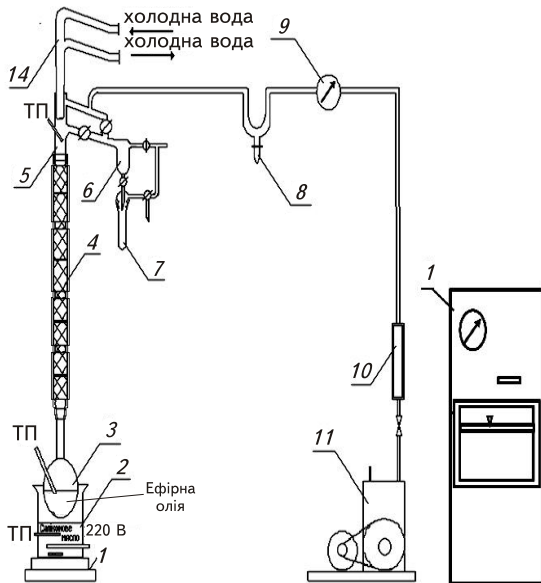


Рис. 1. Схема удосконаленої автоматизованої установки вакуумного фракціонування ефірних олій з одержанням її вузьких фракцій

змогу отримати висоту насадкової ректифікаційної колони 80 см. Вважається, що збільшення висоти ректифікаційної колони призводить до збільшення її числа дійсних тарілок [6]. Цей факт, навпаки, позитивно буде впливати на процес розділення ефірної олії на її вузькі фракції. При цьому краще проходить насичення пари заданим компонентом і розділення на запланованих фракції ефірних олій. Схема удосконаленої автоматизованої установки вакуумного фракціонування ефірних олій показана на рис. 1.

Оцінку правильності удосконалення автоматизованої установки вакуумного фракціонування ефірних олій проводили з застосуванням газової хроматографії, що дала змогу визначити компонентний склад одержаних фракцій на прикладі ефірної олії кропу. Із ефірної олії кропу були виділені такі вузькі фракції: перша фракція — α -піненом (52,1 %), α -фелландреном (39,2 %), d-лімоненом (7,1 %), цінеолом

(1,6 %); друга фракція — α -піненом (0,24 %), α -фелландреном (0,44 %), d-лімоненом (69,47 %), цінеолом (17,36 %); β -фелландреном (6,2 %); третя фракція — цінеолом (3,63 %), β -фелландреном (5,43 %), l-ліналоолом (78,62 %), ліналілацетатом (11,32 %), дигідрокарвоном (6,43 %); четверта фракція (кубовий залишок) — l-ліналоолом (2,40 %), ліналілацетатом (3,68 %), дигідрокарвоном (1,22 %), d-карвоном (92,7 %).

Висновки. Для досягнення одержання запланованих вузьких фракцій ефірних олій вакуумної ректифікації було запропоновано удосконалення автоматизованої установки вакуумного фракціонування ефірних олій.

Проведено розрахунки основних характеристик, конструкції та розмірів установки, зокрема: число дійсних тарілок ректифікаційної колони повинно бути 10,0; тип ректифікаційної колони — насадкова; діаметр насадкової ректифікаційної колони повинен становити 5 см, а висота — 80 см.

Апаратне удосконалення полягало у монтуванні ще однієї насадкової царги, що дає змогу отримати необхідну висоту насадкової ректифікаційної колони 80см. При цьому спостерігалось краще насичення пари заданим компонентом і розділення запланованих бінарних систем ефірних олій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Касьянов Г.И. Натуральные пищевые ароматизаторы — CO₂ — экстракты / Касьянов Г.И., Пехов А.В., Таран А.А. — М.: Пищевая промышленность, 1998. — 176с.
2. Патент № 139765 Российской Федерации, МПК⁷ C11 B 9/00. Способ получения цитралы, гераниола и I — линалоола / Л.В. Полуденный, В.Ф. Сотник, Е.Е. Хлапцев (Российской Федерации); заявитель и патентообладатель Государственный университет сельскохозяйственных культур. — № 5017368; заявл.20.02.1995; опубл.30.07.1997, Бюл. № 4.
3. Dixon James M. Tendencies of world production of the flavouring and flavouring substances / James M. Dixon // Food Eng. Int. — 2003. — № 6. — Р. 40 — 45
4. Тепло- и массообменные аппараты и установки промышленных предприятий: учеб. пособие [для студ. химико-технологич. спец. вузов] / [Левченко Б.О., Акмен Р.Г., Братута Б.И. и др.]. — Х.: Изд-во ХГПУ, 1999. — 388, [1] с.
5. Правдин П.В. Лабораторные приборы и оборудование из стекла / Петр Владимирович. — М.: Химия, 1998. — 304 с.
6. Технологія спирту / [В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян та ін.]; під ред. проф. В.О. Маринченка. — Вінниця: «Поділля — 2000», 2003. — 496с.

Для достижения получения запланированных узких фракций эфирных масел вакуумной ректификации, что используются в технологии натуральных ароматизаторов, было предложено усовершенствовать автоматизированную установку вакуумного фракционирования эфирных масел. Проведены расчеты ее основных характеристик, конструкции и размеров Оценка правильности усовершенствования установки проводили с использованием газовой хроматографии, которая дала возможность определить компонентный состав фракций полученных фракций на примере эфирного масла укропа.

Ключевые слова: вакуумное фракционирование, установка, эфирные масла, фракции.

N. Chepel, N. Frolova,

V. Usenko, K. Naumenko, E. Usatuk

The improvement of automated setting

of a vacuum fractionating for narrow fractions of essential oils

For achievement of receipt of the planned narrow fractions of essential oils which are used in technology of natural flavors, the improvement of the automated setting of a vacuum fractionating of essential oils was offered. The calculations of basic descriptions, construction and sizes of setting of a vacuum rectification are conducted, in particular: a number of theoretical piattis of rectification colon must be 10; a type of rectification colon is attachment; a diameter of rectification colon is 5 see, and a height is 80 see. An apparatus improvement consisted in editing another attachment which enables to get the necessary height of rectification column. There was the best satiation of pair by the set component and division on planned narrow fractions of essential oils. Estimation the rightness of improvement of setting was conducted with the use of gas chromatography which enabled to define component composition of the got fractions on the example of the essential oil of the dill.

Key words: vacuum fractionating, automated setting, essential oils, fractions.

Одержана редколегія 31.01.2012 р.

УДК 621.798

С.В. САВІНСЬКИЙ

ТОВ «Нешкідливі технології і продукти «Грін Оул»

ДО ПИТАННЯ ПРО З'ЄДНАННЯ СПИРТУ З ВОДОЮ. ЧАСТИНА I

Висувається гіпотеза про те, що під час глибокої ректифікації спирту можуть утворюватись стійкі асоціати молекул етанолу, які не повністю розчиняються при з'єднанні з водою. Припускається, що ці кластери спирту потрапляють в алкогольні напої зі спиртом-ректифікатом і наносять людському організму більшу шкоду, ніж дистильований етанол.

Ключові слова: Менделєєв, етанол, спирт-ректифікат, кластер, шкідливість алкоголю.

В сучасних умовах масового виробництва алкогольних напоїв великого значення для збереження здоров'я громадян набуває правильне використання ресурсів ректифікованого спирту у приготуванні напоїв. Авторами цієї статті висувається гіпотеза про наявність у спирті-ректифікаті певної кількості асоційованих у групи-кластери молекул, які не дають можливості отримати повністю однорідний розчин ректифікованого спирту і води при будь-яких способах механічного з'єднання спирту з водою. Припускається, що при механічному способі отримання сортировки певна кількість молекул спирту залишається негідратованими, і саме ці молекули спирту надають алкогольним напоям жорсткості та наносять найбільшу шкоду організму людини.

Для теоретичної перевірки гіпотези використано лише дві бази даних, які, однак, мають беззаперечну репутацію. Першим джерелом є масив скрупульозних, отриманих на рівні метрології емпіричних даних, представлених у роботах класика проблеми з'єднання спирту з водою — геніального російського вченого Д.М. Менделєєва [1]. Другим, не менш авторитетним джерелом, служать переврені десятиліттями практичного застосування «Таблиці для визначення вмісту етилового спирту у водноспиртових розчинах» Держкомстандарту СРСР [2].

Менделєєв вважав, що вода при з'єднанні із спиртом утворює так звані «кріогідрати», які характеризуються строго визначеною дольною кількістю молекул води, що припадають на одну молекулу спирту. Після двох десятиліть роботи над проблемою він зробив офіційну заяву на засіданні Відділення Хімії Російського Фізико-Хімічного Товариства 7 травня 1887 р. про свій виключний пріоритет на подальшу розробку цього питання і остаточно визначив три основних кристалогідрати спирту: $C_2H_6O + 12H_2O$; $C_2H_6O + 3H_2O$ і $3C_2H_6O + H_2O$ [1]. Одночасно Менделєєв стверджував, що розчини суть не щось інше, як продукти дисоціації таких кріогідратів (кристалогідратів). Продовжуючи логіку вченого можна ввести поняття водноспиртового дисоціату, тобто максимально дисоційованого водноспиртового розчину, міцність якого повинна знаходитись у проміжку між концентраціями мінімальної дисоціації кристалогідратів.

Вміст спирту у кристалогідратах Менделєєва та дисоціатах

Кристалогідрат спирту	% спирту по масі	густина спирту	% спирту по об'єму	% об. спирту у дисоціаті
1. $C_2H_6O + 12H_2O$	17,567	0,97194	22,0	38,0
2. $C_2H_6O + 3H_2O$	46,017	0,92260	54,0	73,0
3. $3C_2H_6O + H_2O$	88,469	0,82191	92,0	

Як можна бачити з таблиці, рівно посередині між першим і другим кристалогідратами Менделєєва лежить концентрація спирту 38 % по об'єму — так званий «винний полугар», або базова міцність водки в Російській імперії, яка пізніше для зручності обрахунку податку була округлена до нинішніх 40 %.

© С.В. Савінський, 2012

Між другим і третім кристалогідратами знаходиться середня концентрація 73 %, яка для зручності округлена виробниками до 75 % і на сьогоднішній день є граничною при виробництві дистильованих алкогольних продуктів, таких як віскі, текіла, ром та ін.

Ці оптимальні рівні спирту були здавна відомі піонерам виробництва алкогольних напоїв і застосовуються серйозними компаніями і по цей день, а в дослідженнях видатного російського вченого Менделєєва, який хоч ніколи і не займався технологіями алкоголю, можна все ж таки знайти деякі можливості їх обґрунтування.

Вивчаючи проблему стиснення водноспиртових розчинів (контракцію) Менделєєв встановив, що цей процес досягає свого максимального значення при концентрації спирту у 46 % по масі, що відповідає кристалогідрату спирту $C_2H_6O + 3H_2O$ [1]. В той же час, автор вказує, що його дані відрізняються від розрахункових для цього кристалогідрату на цілих 0,12 ваг. % по спирту [1]. Трохи дивним для аналітика, який працював з точністю до шостого знаку є те, що Менделєєв не дає цьому факту жодної інтерпретації. На нашу думку логічним поясненням феномену могла б бути лише наявність у розчині молекул спирту, які, з якихось причин, не розчинилися у воді. Можливо припустити, що під час ректифікації спирту, а саме на завершальній стадії у голові колони, коли конденсуються максимально зневоднені пари спирту, його молекули «спікаються» між собою у щільне утворення — кластер, і настільки сильно утримують одну одну водневими зв'язками, що у подальшому їх неможливо сольватувати простим механічним перемішуванням. Менделєєв також користувався спиртом надзвичайно високого ступеню зневоднення, який міг мати такі утворення. Вчений спочатку обережно нашаровував спирт на воду, щоб уникнути раптового росту температури гідратації, і лише потім змішував його з водою повільними круговими рухами, періодично опускаючи пробірку у лід. Таке обережне перемішування не могло бути руйнівним для кластерів спирту, якщо там такі були присутніми.

З другого боку, можна спрогнозувати, що з підвищенням температури такого водноспиртового розчину частина молекул спирту покидала б тіло кластера, відриваючись від нього за рахунок зростання кінетичної енергії своїх коливань. Це б призводило до додаткового стиснення такого розчину за рахунок сольватації вивільнених молекул спирту і, як результат, незначного зміщення максимуму стиснення у бік вищих концентрацій спирту. Таке припущення суперечить теорії Менделєєва, який у висновках до своєї дисертації стверджував, що не дивлячись на те, що величина стиснення значно міняється з температурою, точка найбільшого стиснення не міняє свого положення [1].

На рис. 1. представлені криві ступеню такого стиснення в залежності від об'ємної концентрації спирту при різних температурах, отримані за даними з офіційних таблиць Держкомстандарту СРСР. Стиснення розчину у кожній точці є різницею між табличним значенням і теоретичною густиною розчину відповідної процентної концентрації, розрахованої

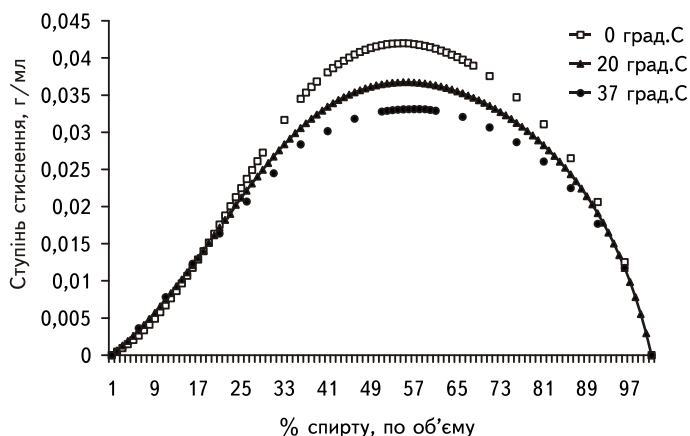


Рис. 1. Криві залежності ступеню стиснення водноспиртових розчинів від концентрації етанолу при різних температурах

при умові, що кінцевий об'єм при з'єднанні спирту з водою не змінюється і становить 100 мл.

З рис. 1 видно, що ступінь стиснення водноспиртового розчину значно зменшується із підвищенням температури. Максимум кривої знаходиться в районі 54 % об'ємних спирту, що відповідає визначенню Менделєєвим 46 % по масі. Також спостерігається не зовсім явне зміщення максимуму стиснення у бік більш високих концентрацій спирту із підвищенням температури. Детальніший математичний аналіз кривих у зоні максимумів рис. 1 з допомогою першої похідної дає можливість більш точного визначення положення цих локальних екстремумів.

Як добре видно з мал. 2, із зростанням температури від 0 °С до 20 °С і 37 °С точка найбільшого стиснення міняє своє положення від 53,6 % спирту по об'єму до 54,5 % і 55,7 % відповідно, тобто зміщується у бік більших концентрацій спирту.

Для підтвердження отриманого результату аналогічні розрахунки було виконано з використанням емпіричних даних Д.М. Менделєєва для чотирьох температур — 0 °С, 10 °С, 15 °С і 20 °С [1].

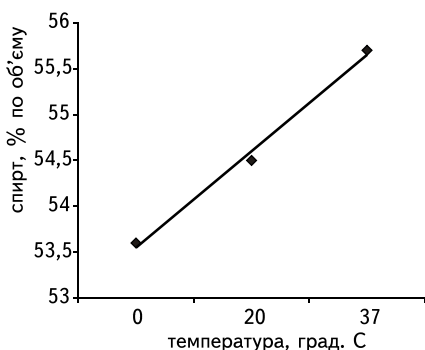


Рис. 2. Зміщення точки максимуму стиснення водноспиртового розчину за даними Держкомстандарту СРСР

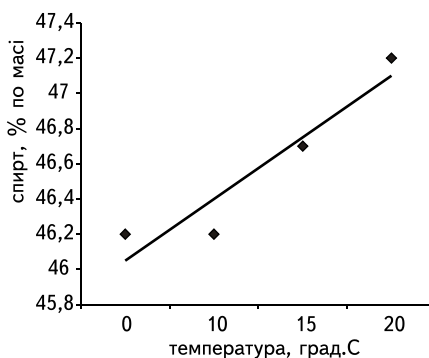


Рис. 3. Зміщення точки максимуму стиснення водноспиртового розчину за даними Менделєєва

Не зважаючи на те, що Менделєєв заперечував таку можливість, з його власних даних витікає, що із зростанням температури від 0 °С до 20 °С точка найбільшого стиснення міняє своє положення у бік більших концентрацій спирту.

Це підтверджує нашу гіпотезу про наявність у водноспиртових розчинах, отриманих механічним перемішуванням спирту-ректифікату з водою, кластерів несольватованих молекул спирту.

Неоднорідність водноспиртового розчину підтверджується також і прямими фізичними методами. Так, японські вчені К. Егашіра та Н. Ніші [3] використовуючи низькочастотну лазерну Раман-спектроскопію водноспиртових розчинів, яка реєструє коливання молекул, довели, що бінарні розчини етанол-вода не змішуються ідеально на молекулярному рівні, а подневі зв'язки між молекулами у кластерах води та між молекулами у кластерах спирту послаблюються, як загальним рухом розчину, так і тертям цих кластерів між собою. Останнє свідчить на користь вивільнення молекул спирту з кластерів при підвищенні температури і, відповідно, зсуву максимуму стиснення у бік високих концентрацій спирту.

Спираючись на дослідження Менделєєва можна припустити, що кількість таких молекул у кластерах спирту знаходиться на рівні 0,1 %, оскільки за його даними для 46 % по масі спирту при 0 °С, які ми вже згадували вище, різниця з теоретичними розрахунками для кристалогідрату спирту $C_2H_6O + 3H_2O$ складала 0,12 % по спирту, і саме цю різницю можна віднести на рахунок кластерів спирту, які, очевидно, утворюються при максимальних концентраціях парів спирту на останніх стадіях його ректифікації.

Вірогідно, також, що якби Менделєєв мав можливість у своїх дослідах замість ректифікованого спирту використовувати високоочищені водноспиртові розчини природного походження, його теорія була б повністю підтверджена. Оскільки біосинтез етанолу відбувається у водному середовищі, то увесь спирт був би повністю гідратованим, і концентрація кристалогідрату на 100 % відповідала б його формулі. Не спостерігалось би також і температурних зсувів точки максимуму стиснення, як справедливо і передбачав геніальний вчений.

У практичній площині можна зробити висновок про підвищену шкідливість горілчаних напоїв вироблених з'єднанням ректифікованого спирту з водою. Такий продукт може містити молекули-монстри, тобто не гідратовані молекули етанолу у кластерах, які проникаючи через полярні пори у клітину буквально «рватимуть» на себе воду з біомолекул. Наслідком цього може бути миттєва денатурація функціональних білків-ферментів і навіть загибель окремих органел клітини. Не виключено, що цей фактор є набагато деструктивнішим для людського організму, аніж психотропний ефект етанолу.

Для вирішення проблеми виробникам алкогольних напоїв можна запропонувати наступні підходи:

- відмова від використання спирту-ректифікату і повернення до дистиляції;
- використання для харчових цілей етанолу ректифікованого не вище 75 % по об'єму;
- розробка нових методів з'єднання спирту-ректифікату з водою, які б забезпечували ідеальну суміш на молекулярному рівні.

Висновки. Виконані теоретичні дослідження дозволяють зробити такі висновки та припущення:

1. З підвищенням температури водноспиртового розчину на основі спирту-ректифікату максимум його стиснення зміщується в сторону вищих концентрацій спирту.
2. У спирті-ректифікаті можлива наявність молекул асоційованих у групи-кластери, які не повністю з'єднуються з водою при механічному змішуванні.
3. Частка негідратованих молекул спирту у водноспиртовому розчині, отриманому механічним з'єднанням спирту-ректифікату з водою складає приблизно 0,1 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Менделеев Д.М. Сочинения, т. 4; под общей редакцией акад. В.Е. Тищенко / Менделеев Д.М. — Ленинград.: ОНТИ, Химтеорет, 1937. — 563 с.
2. Таблицы для определения содержания этилового спирта в водноспиртовых растворах. — М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР, 1972. — 184 с.
3. Egashira K. Low-Frequency Raman Spectroscopy of Ethanol-Water Binary Solution Evidence for Self-Association of Solute and Solvent Molecules. / K. Egashira, N. Nishi. // *J. Phys. Chem. B.* — 1998, 102 (21). — pp. 4054 — 4057.

Выдвигается гипотеза о том, что вовремя глубокой ректификации спирта могут возникать стойкие ассоциаты молекул этанола, которые не полностью растворяются при соединении с водой. Предполагается, что эти кластеры спирта попадают в алкогольные напитки со спиртом-ректификатом и наносят человеческому организму больший вред, нежели дистиллированный этанол.

Ключевые слова: Менделеев, этанол, спирт-ректификат, кластер, вред алкоголя.

S.V. Savinskyi

To the question of association of spirit with water. Part I.

The hypothesis about ethanol associates arising during the deep rectification processes is put forward. It is supposed that these spirit clusters are stable and not water soluble. The hypothesis is supported by comparative analysis of two databases — Mendeleev's empirical data represented in his classical scientific studies and the USSR Goskomstandart's «Tables for determination of the ethanol spirit content in the water-spirit solutions», and also by straight physical methods results published by other scientists. Based on certain Mendeleev's data an assumption is done that amount of these molecules is on 0,1 % level. A presumption about higher harmfulness of alcohol drinks produced out of rectified ethanol compare to distilled ones is suggested. Such a product may content «molecules-monsters», i.e. clusters of the no hydrated molecules of ethanol which penetrating through the polar pores in to the cell would «tear off» water from biomolecules to themselves. It may result the instant denaturation of some functional proteins, enzymes and even to kill some cell organelles. It is not ruled out that this factor is much more destructive for the human organism than psychotropic effect of ethanol.

Key words: Mendeleev, ethanol, rectified spirit, cluster, alcohol harmfulness.

Одержана редколлегією 12.05.2012 р.

УДК 637.5.03

Л.В. ПЕШУК,
О.І. ГАЩУК,
Е.Г. АВЕТЯН

Національний університет харчових технологій

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ СЕЛЕРИ, ТОПІНАМБУРА, ГАРБУЗА ТА КАПУСТИ КОЛЬРАБІ У ТЕХНОЛОГІЇ ПОСІЧЕНИХ М'ЯСО-РОСЛИННИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

У даній статті представлено результати дослідження харчової цінності нетрадиційної сировини та використання селери, топінамбура, гарбуза і капусти кольрабі у виробництві посічених м'ясо-рослинних напівфабрикатів; розроблені рецептури інноваційних продуктів з рослинною сировиною (20 %), та проведено їх комплексну оцінку якості і безпеки у охолодженому та замороженому станах.

Ключові слова: посічені м'ясо-рослинні напівфабрикати, селера, топінамбур, гарбуз, капуста кольрабі, функціональні продукти.

Для покращення збалансованості раціонів харчування населення України очевидна необхідність включення у них спеціалізованих продуктів промислового виробництва, виготовлених на основі екологічно чистої сировини з використанням сучасних технологій, які дозволяють максимально зберегти харчову і біологічну цінність компонентів та забезпечити їх кращу засвоюваність. Враховуючи наявні передумови та прогресивні напрямки розвитку технології виготовлення і зберігання харчових продуктів та працюючи над виконанням держбюджетної тематики № ДР 0109U088028 «Технологічні аспекти комплексної переробки сировини при виробництві безпечних продуктів загального і спеціального призначення» нашою метою було розробити технології напівфабрикатів на м'ясній основі з підвищеними біологічними властивостями та розширити асортимент продукції вітчизняного виробництва з високими якісними показниками.

Загальносвітова урбанізація підштовхнула розвиток ринку напівфабрикатів у м'ясопереробній галузі. Їх популярність у світі обумовлена, перш за все: зміною раціону харчування людини; прискоренням ритму життя українців і збільшенням кількості працюючих жінок; підвищенням матеріального рівня населення; широким використанням побутових мікрохвильових печей; зручністю приготування та економією часу; розвитком зберігаючих технологій та пакувальної індустрії, розширенням попиту і географії збуту замороженої продукції.

До теперішнього часу уявлення про роль мікронутрієнтів при різних фізіологічних станах організму значно розширилися. Присутні в організмі мікроелементи беруть участь в утворенні ферментів, синтезі гормонів, вітамінів, впливають на їх активність, приймають участь у діяльності нервової, серцево-судинної, ендокринної системи, шлунково-кишкового тракту та процеси метаболізму. Внесення у традиційні продукти харчування компонентів, які збагачують їх фізіологічно-активними нутрієнтами, є виправданим рішенням політики поліпшення здоров'я людини.

Дослідження щодо розробки нових видів м'ясо-рослинних посічених напівфабрикатів були направлені на вибір вихідних компонентів, підбір їх оптимальних співвідношень,

встановлення впливу внесених компонентів на органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні і мікробіологічні показники та безпечність розроблених напівфабрикатів. Також досліджувалась можливість практичного використання нових рецептур у промислових умовах.

В усьому світі ведеться науковий пошук по використанню рослинної сировини. Розробляються харчові продукти лікувально-профілактичного призначення, нові біологічно-активні добавки, які стимулюють синтез вітамінів та активізують імунні механізми захисту.

З метою досягнення високих якісних показників нових продуктів, були підібрані інгредієнти, які дозволили комплексно підійти до оптимізації харчової цінності та технологічних характеристик м'ясо-рослинних напівфабрикатів. Предметом наших досліджень були м'ясні фарші з додаванням селери, топінамбуру, гарбуза та капусти кольрабі.

Топінамбур широко використовується у харчовій промисловості: хлібобулочному, кондитерському та макаронному виробництві, виготовленні алкогольних та безалкогольних напоїв, виробництві молочних продуктів, консервів і ковбасних виробів.

Селера пахуча має три різновиди: коренева, стеблова, листова. За хімічним складом селера містить амінокислоти, вітаміни групи В, К, Е, провітамін А, аспарагінову та фолієву кислоти. В усіх частинах рослини, особливо в коренях, міститься калій, натрій, магній, кальцій, марганець, залізо, цинк, фтор та інші мікроелементи. У харчовій промисловості селера не має широкого застосування, в основному, її використовують у кулінарії в поєднанні з жирними стравами з м'яса качок та гусей, а також як пряні сухі суміші. Селера має діуретичні властивості, її рекомендують при захворюваннях серцево-судинної та нервової систем, для поліпшення водно-соляного обміну, фізичної і розумової діяльності, при ожирінні.

Гарбуз звичайний багатий на пектин, клітковину, білки, ферменти, вітаміни С, В₁, В₂, РР, Е, каротин, мінеральні речовини: солі калію, кальцію, магнію, заліза, фосфору, кобальту. Його вживання збільшує жовчовиділення, поліпшує функцію кишок, посилює водно-сольовий обмін. Також гарбуз використовують у консервному і кондитерському виробництвах, олієжировій галузі для вилучення гарбузової олії, в молочному виробництві, як наповнювач для морозива.

Капуста кольрабі за вмістом вітаміну С не поступається лимону, по вмісту кальцію — рівноцінна молочним продуктам, а по загальній засвоюваності вітамінів — перевищує яблука.

Посічені м'ясо-рослинні напівфабрикати це вироби, попередньо підготовлені до теплової обробки, які крім м'ясної (джерело незамінних амінокислот) містять рослинну сировину у різних співвідношеннях, збагачуючи продукт макро- та мікроелементами, вітамінами та харчовими волокнами.

До складу розроблених рецептур було включено (%) свинину нежирну -20, філе куряче — 20, хліб — 5, масло вершкове — 5, крупу манну — 6, меланж — 8, цибулю ріпчасту — 10, сухарі — 6, сіль кухонну — 1,3, перець чорний мелений — 0,2 та рослинні компоненти (селера, топінамбур, гарбуз та капуста кольрабі) — 20.

Виходячи із хімічного складу рослинної сировини (табл. 1) авторами були розроблені рецептури, у яких масова частка рослинної сировини варіювалась від 10 до 25 %. За результатами попередньої дегустації було прийнято рішення додавати рослинну сировину у кількості 20 %, при цьому у рецептурах з топінамбуром, гарбузом та капустою кольрабі було проведено заміну 5 % цих компонентів на картоплю. Це пов'язано з посиленням специфічного запаху, властивого обраній рослинній сировині і не характерного для січених напівфабрикатів, що може негативно вплинути на споживчий попит на нові продукти. При складанні рецептур назви дослідним зразкам не присвоювались.

Рецептури позначались: Рецепттура № 1 — з селерою; Рецепттура № 2 — з топінамбуром; Рецепттура № 3 — з гарбузом; Рецепттура № 4 — з капустою кольрабі.

Сировина	Вміст, г/100г					
	Вода	Білки	Жири	Вуглеводи	Мінеральні речовини	Харчові волокна
Топінамбур	79,0	2,1	0,1	16,0	1,4	4,5
Селера	87,7	1,3	0,3	6,5	1,0	3,1
Гарбуз	91,8	1,0	0,1	4,4	0,6	2,0
Кольрабі	86,2	2,8	0,1	7,9	1,2	1,7

Таблиця 1. Хімічний склад рослинної сировини г/100г

Результати проведених органолептичних досліджень напівфабрикатів та готових виробів вказують на те, що вони мають приємний смак та аромат, привабливий вигляд і хорошу консистенцію, проте найкращими виявились рецептури № 1 та № 4 з селерою та капостою кольрабі, відповідно 4,8 та 5 балів.

Варіант рецептури	Вміст, %			
	Волога	Білок	Жир	Мінеральні речовини
«Рецептура № 1» з селерою				
– сирі вироби	68,62±3,02	12,0±0,4	7,87±1,23	0,613±0,373
– після кулінарної обробки	56,24±2,71	16,58±0,32	12,33±0,92	2,089±1,306
«Рецептура № 2» з топінамбуrom				
– сирі вироби	66,57±0,88	14,0±0,5	8,40±2,32	0,547±0,433
– після кулінарної обробки	58,41±0,54	17,2±0,56	10,41±1,50	1,991±0,530
«Рецептура № 3» з гарбузом				
– сирі вироби	68,04±3,18	13,5±0,8	7,52±1,78	0,529±0,426
– після кулінарної обробки	56,35±2,05	18,3±0,63	10,57±0,20	2,110±0,662
«Рецептура № 4» з кольрабі				
– сирі вироби	67,91±2,12	12,5±0,6	7,67±2,12	0,527±0,142
– після кулінарної обробки	57,19±0,41	16,8±0,24	10,06±0,87	2,199±0,897

Таблиця 2. Хімічний склад сирих напівфабрикатів та готових виробів

Проаналізувавши хімічний склад (табл. 2) сирих напівфабрикатів можна зробити висновок, що за харчовою цінністю вони відповідають вимогам стандарту згідно ДСТУ 4437:2005 «Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні посічені. Технічні умови». При порівнянні хімічного складу сирих та готових котлет спостерігається підвищення вмісту білку, жиру та мінеральних речовин за рахунок зниження частки вологи, що зумовлює зростання кількості сухих речовин, а отже і збільшення загальної частки поживних речовин у готовому продукті. Тип кулінарної обробки впливає на збільшення вмісту жиру у готовому продукті за рахунок вбирання олії під час смаження.

Однією з найголовніших технологічних характеристик фаршевої системи є міцність зв'язаної вологи, що впливає на вихід готового продукту. На вологозв'язувальну здатність, в залежності від виду сировини, впливає ряд факторів: наявність заряджених полярних груп, вільних гідрофільних центрів, значення рН середовища. Водозв'язувальну здатність розраховували по відношенню до загальної вологи, що міститься у продукті. Вміст зв'язаної вологи у сирому продукті та вихід готових виробів представлено на рисунку 1.

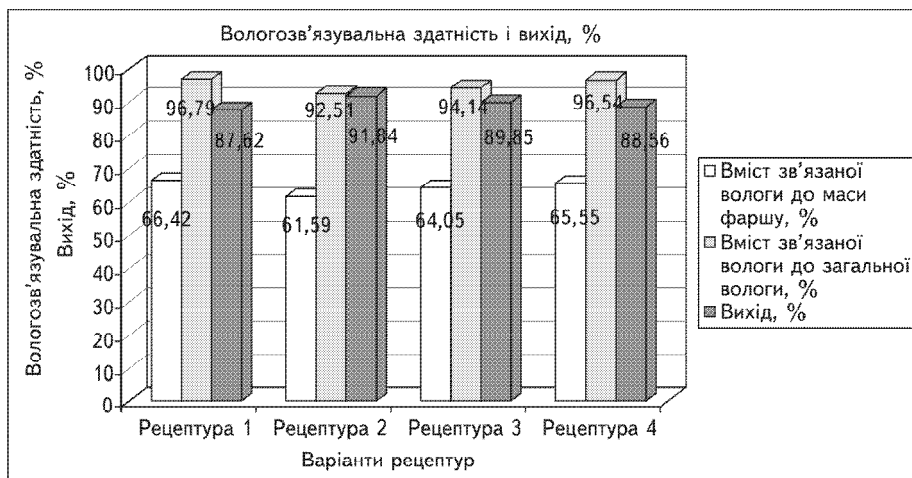


Рис. 1. Вміст зв'язаної вологи у сирому продукті

Безпеку харчових продуктів необхідно гарантувати на усіх стадіях виробництва, адже вона залежить від якості сировини, інгредієнтів і допоміжних матеріалів, що використовуються та параметрів здійснення технологічних операцій. Однією з найбільш успішних методологій забезпечення виробництва гарантовано безпечного продукту та ефективним засобом управління з метою захисту від біологічних, мікробіологічних, хімічних, фізичних ризиків забруднення є система НАССР «Hazard Analysis Critical Control Points» («Аналіз ризиків і критичних точок»). Під якістю розуміють сукупність властивостей виробів, які зумовлюють здатність задовольнити потреби людини та відповідати вимогам безпеки споживачів.

Дослідження мікробіологічних показників продукції проводили за ДСП 4.4.5.078-2001 «Мікробіологічні нормативи та методи контролю продукції громадського харчування» у сирих зразках напівфабрикатів, як у охолодженому так і замороженому стані та виявили, що найвищий рівень бактеріального обміненія мають зразки № 2 з топінамбуром та № 3 з гарбузом — $5,4 \cdot 10^2$ та $8,2 \cdot 10^2$ відповідно, що є в межах норми ($1,0 \cdot 10^6$ КУО в 1 г). Найменшу кількість МАФМ має зразок № 1 з селерою — $1,0 \cdot 10^2$. Сульфитредуючі кластридії та бактерії групи кишкової палички не виявлені.

Дослідження динаміки зміни кислотного числа (КЧ) проводили кожні три дні у зразках напівфабрикатів, які зберігалися за різних температурних режимів: при $0 - 6^\circ\text{C}$ та -10°C . У ході проведених вимірювань виявлено, що найбільш інтенсивно процес гідролізу жирів протікає протягом перших шести днів, а після 9 днів зберігання зміни величини кислотного числа практично не відбувались. КЧ після 3-х днів зберігання у зразку № 1 (з селерою) становила 5,24, № 2 (з топінамбуром) — 6,89, № 3 (з гарбузом) — 7,4, № 4 (з кольрабі) — 5,69. Однак органолептичні дослідження показали, що після трьох днів зберігання у холодильнику при температурі $0-6^\circ\text{C}$ зразки стають непридатними. Зберігання при температурі -10°C не викликає інтенсивної зміни кислотного числа (рис. 2). Після 12 днів зберігання значення його були відповідно: зразка № 1 — 2,1, № 2 — 2,95, № 3 — 3,93, № 4 — 2,37.

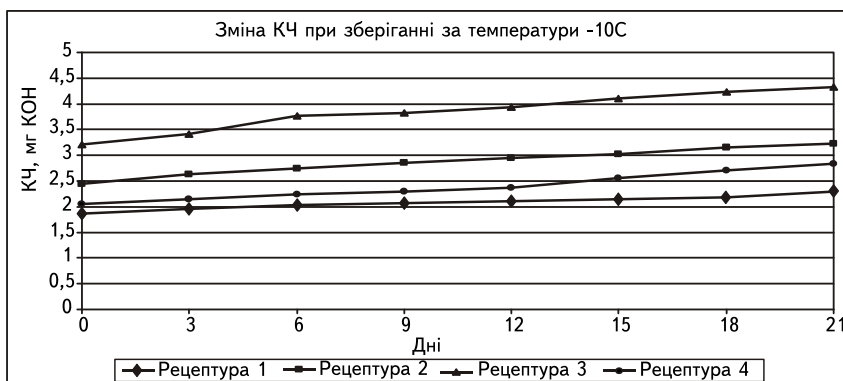


Рис. 2. Зміна кислотного числа напівфабрикатів при зберіганні за температури -10°C

Отримані дані корелюють з результатами мікробіологічних досліджень. У зразку № 3 з найвищим рівнем мікробіального обнасення ($8,2 \cdot 10^2$ КУО) спостерігається найбільша швидкість зростання КЧ під час зберігання у охолодженому стані. Отже, зростання кислотного числа у зразках напівфабрикатів зумовлене не лише збільшенням кількості вільних жирних кислот внаслідок гідролітичного розкладу жиру, а й накопиченням продуктів окиснення внаслідок мікробіологічного псування.

Останнім часом гостро постала проблема надмірного вмісту пестицидів, нітратів та нітритів у продуктах харчування які є канцерогенами і можуть викликати важкі інтоксикації. При систематичному надходженні, навіть при невеликих концентраціях, пестициди здатні викликати хронічні захворювання різних систем організму людини. Особливу небезпеку являють хлорорганічні — циклічні та аліфатичні сполуки хлору, а також їх метаболіти (продукти розпаду). Визначення вмісту хлорорганічних пестицидів у зразках розроблених напівфабрикатів було проведено методом газорідинної хроматографії у лабораторії Науково-дослідного центру випробувань продукції Державного підприємства «Укрметртестстандарт».

Безпечність розроблених продуктів визначали шляхом порівняння отриманих дослідних даних з вимогами МБТ 5061-89 «Медико-біологіческие требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов», за якими нормується вміст гексахлорциклогексану (сума всіх ізомерів і окремо вміст γ -ГХЦГ, як найбільш токсичного) та дихлордифенілтрихлорметилметану і його метаболітів.

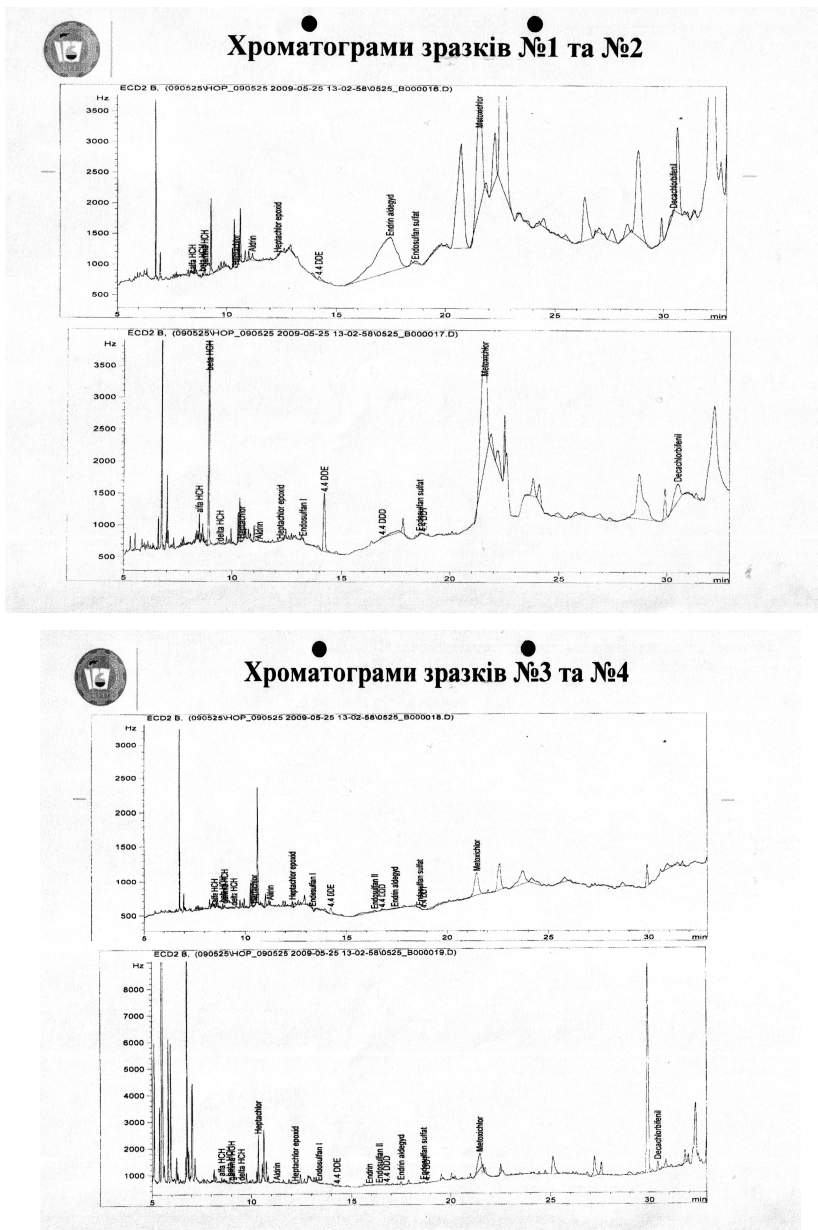


Рис. 3 Хроматограми досліджуваних зразків на визначення вмісту хлорорганічних пестицидів

На хроматограмах досліджуваних зразків (рис. 3) були виявлені піки, характерні для α -гексахлорциклогексану (ГХЦГ), β -ГХЦГ, γ -ГХЦГ та дихлордифенілтрихлоретану (ДДЕ).

Оскільки гептахлор у харчових продуктах не допускається, була проведена перевірка шляхом накладання на хроматограму зразка хроматограми стандартного розчину пестицидів, у результаті якої виявлено, що піки не співпадають, отже це не гептахлор. Помилка пов'язана з тим, що для визначення речовини хроматограф проводить інтегрування з точністю $\pm 2\%$. Отже, було спростовано наявність гептахлору у досліджуваних зразках.

За енергетичною цінністю із розроблених посічених м'ясо-рослинних напівфабрикатів після кулінарної обробки найвище значення мав зразок, виготовлений за рецептурою № 1 — з селерою — 228 ккал, а найнижче — за рецептурою № 2 — 211 ккал. Кваліметрична оцінка якості нових м'ясо-рослинних напівфабрикатів враховує параметри, які характеризують окрему властивість та параметри, що характеризують вагомість даного показника. При визначенні коефіцієнтів вагомості користувалися методом експериментальної оцінки (метод Дельфі). Згідно кваліметричної оцінки, значення рівня якості нових видів продуктів становить: Рецептура № 1 — $K_0 = 1,337$, Рецептура № 2 — $K_0 = 1,308$, Рецептура № 3 — $K_0 = 1,316$, Рецептура № 4 — $K_0 = 1,352$.

Висновки. 1. Таким чином, нові види розроблених посічених м'ясо-рослинних напівфабрикатів з використанням селери, топинамбура, гарбуза та капусти кольрабі є продуктами високої харчової цінності, які наближаються до формули здорового харчування і можуть бути рекомендовані до використання як у збалансованому, так і у дієтичному харчуванні. 2. Розрахунок економічної ефективності м'ясо-рослинних напівфабрикатів дають підставу рекомендувати їх до впровадження на м'ясопереробних підприємствах України. Рентабельність виробництва котлет з селерою 15,55 %; з топинамбуром — 19,45 %; з гарбузом — 14,75 %; з капустою кольрабі — 8,37 %. 3. Рецептури розроблених посічених м'ясо-рослинних напівфабрикатів з використанням селери, топинамбура, гарбуза та кольрабі можуть бути рекомендовані до включення як додатки до змін у нормативну документацію на січені м'ясорослинні напівфабрикати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дзюпіна Л.Г. Функціональні напівфабрикати / Дзюпіна Л.Г. — Продукти і Торгівля — 2008. — № 10 (21).
2. ДСТУ 4437:2005 Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені. Технічні умови.
3. Азарова Н.Г. Топинамбур в колбасно-м'ясному виробництві / Н.Г. Азарова, А.В. Азаров, Л.В. Агунова — Мясное дело. — 2005. — № 11.
4. Устинова А.В. Полуфабрикаты пониженной калорийности для профилактического питания детей и взрослых / Устинова А.В., Белякина Н.Е., Морозкина И.К. — Мясная индустрия. — 2004. — № 3.
5. Ратушный А.С. Оценка качества кулинарной продукции (Вопросы практической кваліметрії). / А.С. Ратушный, В.Г. Топольник, — М.: Русская кваліметрия, 1991. — 182 с.

В даній статті представлені результати дослідження харчової цінності нетрадиційного сиров'язу і використання сельдерея, топинамбура, тькви, та капусти кольрабі для виготовлення рублених м'ясо-растительних полуфабрикатів; розроблені рецептури інноваційних продуктів з виставленим сиров'язем (20 %) і проведена комплексна оцінка якості та безпеки продукції в охолодженій та замороженій формі.

Ключові слова: рублені м'ясо-растительні полуфабрикати, сельдерей, топинамбур, тьква, капуста кольрабі, функціональні продукти.

L.V. Peshuk, A.I. Haschuk, J.E.G. Avetyan *New approaches to use celery, artichoke, pumpkin and cabbage kohlrabi in technologies excised cereal semis*

This paper presents the results of the nutritional value of alternative raw materials and use celery, artichoke, pumpkin and cabbage, kohlrabi in the production split cereal preparations; formula of innovative herbal products (20 %), and conducted a comprehensive assessment of their quality and safety in refrigerated and frozen conditions. Were identified: clamminess liaison ability (92,5 – 96,8 %), changes in acid number of crude preparations during storage, microbiological parameters, the presence of organochlorine pesticides given to quality control quality assessment.

Key words: split cereal semis, celery, artichoke, pumpkin, cabbage, kohlrabi, functional products.

Одержана редколлегиею 25.05.2012 р.

Л.І. ТАНАЩУК,
Л.Ф. СТЕПАНЕЦЬ

Національний університет харчових технологій

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

В даній роботі проведено аналіз екологічного стану та охарактеризовано основні екологічні проблеми цукрової галузі харчової промисловості. Запропоновано інтенсифікувати процес абсорбції диоксиду карбону в апаратах I та II сатурації, що дозволить досягнути ефекту абсорбції 35 – 38 %.

Встановлено, що при додаванні в якості зв'язуючого компонента вапна в кількості 10 – 12 % до маси фільтраційного осаду, може бути отриманий кусковий матеріал для подальшого обпалювання в існуючих вапняково-обпалювальних печах.

Ключові слова: Цукрова промисловість, забруднення навколишнього середовища, екологічні проблеми, екологізація, фільтраційний осад, вторинні матеріальні ресурси.

Цукрова галузь харчової промисловості є одним з найбільш потужних джерел забруднення навколишнього середовища [1, 2]. На підприємствах існує 17 стаціонарних джерел викидів, з яких викидається 15 забруднюючих речовин. Потенційний обсяг викидів становить від декількох до декількох сотень тонн на рік. Найбільш потужними викидами є диоксид карбону (~200 т/рік), диоксид нітрогену (~60 т/рік), сірчистий ангідрид (~5,5 т/рік), аміак (~1,5 т/рік), речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (~14 т/рік) в тому числі гашене та негашене вапно, пил вапняку, вугілля, абразивно-металевий, пил цукру тощо. Загалом, для заводу виробничою потужністю 30 тис. т буряку на добу загальна кількість викидів складає ~300 т/рік. До складу викидів входять парникові, кислотоутворюючі та озонруйнуючі гази. На багатьох підприємствах галузі не витримані розміри санітарно-захисної зони.

Понад третину викиду диоксиду карбону надходить на апарати I та II сатурації в сокоочисному відділенні заводу. Зменшення обсягу викиду диоксиду карбону можна досягнути шляхом інтенсифікації процесу абсорбції його гідроксидом кальцію. Основними факторами, які впливають на швидкість абсорбції диоксиду карбону, є ступінь диспергування фаз, що контактують, та парціальний тиск газу. Типові апарати, які використовуються в цукровій галузі промисловості, працюють при атмосферному тиску з диспергуванням газової фази в рідкій. Ефект абсорбції диоксиду карбону складає ~35 %. Значної інтенсифікації процесу можна досягнути при проведенні сатурації в апаратах під тиском з диспергуванням рідкої фази в газовій [3].

Звести до мінімуму викиди аміаку можна пропустивши газову суміш через насадковий абсорбер, в якому в якості поглиначки використовується вода з подальшим використанням аміачної води в сільському господарстві.

На стадії виробництва вапна і сатураційного газу існують такі основні екологічні проблеми як запиленість повітря неорганічним пилом на ділянках складування, розвантаження і завантаження вапнякового каменю, виділення пилу і тепла при транспортуванні та гасінні обпаленого вапна, виділення CO_2 при відбиранні газу з печі, очищенні та подачі в сатуратори, утворення лаверних вод. Екологізація вапняково-газового відділення повинна включати модернізацію вапняково-обпалювальної печі, що полягає у вдосконаленні ділянок заван-

таження і сортування вапняку і палива, встановленні аспіраційної системи над місцями найбільшої запиленості і загазованості, оборотному використанні лаверних вод.

Потребує вдосконалення система очищення вод II категорії та запровадження анаеробно-аеробної схеми очищення вод III категорії.

На цукрових заводах утворюється велика кількість відходів. Багатотонажними відходами виробництва є меляса та фільтраційний осад [4, 5].

Меляса містить до 50 % цукрози до маси сухих речовин і більшість розчинних нецукрів буряка, в тому числі бетаїн та комплекс амінокислот. Крім традиційного використання меляси для потреб спиртової та мікробіологічної промисловості меляса може бути вихідною сировиною для отримання додаткової кількості цукрози, глюкозно-фруктозного та високофруктозних сиропів, бетаїну, суміші амінокислот. Найбільш перспективним для фракціонування меляси є використання синтетичних іонообмінних смол. Використовуючи катіоніти з певним ступенем зшивки можна розділити мелясу на продуктову фракцію, яка буде містити до 80 – 85 % цукрози, і фракцію нецукрів. Цукроза продуктової фракції повертається в основний технологічний процес або використовується для отримання глюкозно-фруктозних сиропів, виробництво яких в державі на сьогодні відсутнє. З непродуктової фракції доцільно виділяти бетаїн, глютамінову кислоту та інші біологічно-активні речовини.

Другим багатотонажним відходом цукрового виробництва, утилізація якого надзвичайно актуальна, є фільтраційний осад. Фільтраційний осад займає значні площі, є джерелом забруднення ґрунтів, повітряного та водного середовища у районах розташування цукрових заводів. З урахуванням зменшення та невідновності запасів вапнякового каменю, найбільш перспективною є регенерація фільтраційного осаду з метою повторного використання гідроксиду кальцію в основному технологічному процесі [6].

Проведені дослідження показали, що фільтраційний осад відповідає вимогам, які пред'являються до сировини для отримання вапна. Однак для випалювання вапна в існуючих вапняково-обпалювальних печах необхідно із фільтраційного осаду сформувати кусковий матеріал з високим опором стисканню. Такий матеріал може бути отриманий шляхом змішування фільтраційного осаду з мелясним негашеним вапном в якості зв'язуючого компонента в кількості 10 – 12 % до маси осаду. Вапно повинно бути тонкого помелу (0,1 мм і менше) та швидко гаситись. Вапно, отримане із фільтраційного осаду, придатне для проведення очистки дифузійного соку цукрового виробництва. Встановлено, що при багаторазовому використанні регенованого вапна, воно поступово забруднюється домішками, які не обпалюються. Внаслідок цього його активність поступово знижується. Після п'яти циклів очищення дифузійного соку активність вапна знижується на 30 – 35 %, тому частина його повинна бути замінена свіжообпаленим вапном з вапняку, а надлишок виводиться з виробництва і може бути використаний як мінеральне добриво. Регенерацію осаду можна здійснювати у вапняково-обпалювальній печі з попереднім формуванням брикетів з фільтраційного осаду з додаванням вапна для надання брикетам необхідної пружності.

Висновки. Цукрова галузь харчової промисловості є потужним джерелом забруднення навколишнього середовища, потребує вирішення багатьох екологічних проблем і має значні резерви використання вторинних матеріальних ресурсів. Реалізація запропонованих заходів дозволить покращити екологічну ситуацію в районах розташування цукрових заводів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Запольський А.К.* Основи екології: підруч. [для студ. техніч.-технологічн. спец. вищ. навч. закл.] / А.К.Запольський, А.І.Салюк — К.: Вища шк., 2001. — 358 с.
2. *Запольський А.К.* Екологізація харчових виробництв: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / А.К.Запольський, А.І. Українець — К.: Вища шк., 2005. — 423 с.
3. *А.с. 844631 СССР, М.Кл³ С 13 D 3/04* Сатуратор для сахаросодержащих растворов / Н.А. Архипович, Л.И. Танащук, Н.С. Кухарь (СССР). — № SU 844631; заявл. 17.05.79; опубл. 07.07.81, Бюл. № 25.
4. *Танащук Л.І.* Ресурсозбереження в цукровій галузі промисловості / Л.І. Танащук, Н.В. Бартуш // Матеріали 72-ї наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів.: тези доп. — К.: НУХТ, 2006. — с. 86.

5. *Танащук Л.І.* Вторинне перероблення сировини – раціональне використання природних ресурсів: /Л.І. Танащук, Л.Ф. Степанець // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Створення нових матеріало- та енергоощадних технологій і ефективного обладнання для цукрової промисловості»: тези доп. — К.: НУХТ, 2000. — 250 с.

6. *Получение* извести из фильтрационного осадка свеклосахарного производства / Л.Г. Белостоцкий, В.А. Лагода, Л.И. Танащук и др. // Сборник научных трудов «Ресурсосберегающая технология свеклосахарного производства с применением химических веществ и прогрессивных методов ведения технологических процес сов». — К.: ВНИИСП, 1990. — с. 70 – 77.

В данной работе проведен анализ экологического состояния и охарактеризованы основные экологические проблемы сахарной области пищевой промышленности. Предложено интенсифицировать процесс абсорбции диоксида карбона в аппаратах I и II сатурации, что позволит достичь эффекта абсорбции 35 – 38 %.

Установлено, что при добавлении в качестве связующего компонента извести в количества 10 – 12 % к массе фильтрационного осадка, может быть полученный кусковой материал для дальнейшего обжига в существующих известково-обжигательных печах.

Ключевые слова: сахарная промышленность, загрязнение окружающей среды, экологизация, фильтрационный осадок, вторичные материальные ресурсы.

L.I. Tanashchuk, L.F. Stepanets

Environmental problems of sugar industry and solutions

The analysis of the ecological state of saccharine industry of industry is conducted in this work. In fact, there are 17 stationary sources of extras on the enterprises from that 15 contaminants are thrown out. The potential volume of emissions presents from a few to several hundreds tone on a year. The most powerful emissions are dioxide carbon (~200 tonne per a year), dioxide nitrogen (~60 tonne per a year), sulphureous anhydride (~5.5 tonne per a year). It is suggested to intensify the process of absorption of dioxide carbon in vehicles I and II of saturation by disperse of liquid phase in gas and realization of process in vehicles force-feed. The effect of absorption here can increase to 35 – 38 %. The measures are offered for the ecologizations of limestone separation.

There were showed the results of quality researching the lime stone and lime from the filtrationallauter sediment. It is set that at addition as a relating component of lime in an amount 10 – 12 % to the masses of sediment lump material can be got with high resistance to the clench that can be manufactured in the existent lime calcinators. That lime is suitable for cleaning of diffusive juice.

Key words: sugar industry, air pollution, high level ecology, filtration sediment, secondary material resources.

Одержана редколегією 27.03.2012 р.

**А.М. СВІТЛИК,
О.М. ПРОХОРОВ**

Національний університет харчових технологій

СНАРЯДНИЙ РУХ ГАЗОРІДИННОЇ СУМІШІ В КАПІЛЯРІ

Розглянуто циліндричний капіляр, в якому рухається двухфазне середовище в снарядному режимі. Теоретично описується руху газорідинної суміші в снарядному режимі для випадку спливання бульбашки у гравітаційному полі. Провівши ряд математичних перетворень отримали рівняння витратам рідини в газі, яке дорівнює витрати рідини у плівці плюс витрати в пузирі: $q_f + q_b = q_s$. Дана стаття може бути використана при розробці обладнання для сатурації рідини.

Ключові слова: снарядний рух, газорідинна суміш, циліндричний капіляр, рівняння об'ємних потоків речовин, рівняння нерозривності.

Мікротехнології знаходять інтенсивне впровадження в харчову промисловість. Особливе впровадження знаходять вони при перемішуванні, тепло-масообмінних процесах, а також при мікрофільтруванні. Дані процеси проводяться в мікро- і мініканалах, які мають капілярну структуру. Велика увага приділяється газорідинним процесам, які представляють собою блоки паралельно з'єднаних капілярів з радіусом 2 – 5 мм. Найбільш перспективним режимом проведення газорідинних процесів являється снарядний. При снарядному режимі руху газорідинної суміші бульбашки відділені одна від іншої рідинним снарядом (пробкою). Особливістю даного режиму являється: добре перемішування рідинного снаряду за рахунок тейлоровських вихрів; незначний дифузійний шлях для молекул газу, що проникають через півку рідини між бульбашкою та перфорованою стінкою капіляру.

Питанням формування бульбашок, рух їх в стиснених умовах приділялося багато уваги. Огляд даного питання викладено в роботі [1].

В багатьох роботах описування руху газорідинних систем в капілярах проводилося як динаміка руху газорідинної системи в трубах $\varnothing 50 - 70$ мм. Не рідко сприймалося, що швидкості фаз однакові, а газовміст та витрати газу зв'язувалися простими співвідношеннями.

Одна із перших класичних робіт, присвячена динаміці руху газорідинної суміші в капілярі, виконана Тейлором [2].

Теоретичне описування руху газорідинної суміші в снарядному режимі дано для випадків: спливання бульбашки у гравітаційному полі; витискаєма бульбашкою рідина витікає в низ, так і для протитічного капіляру.

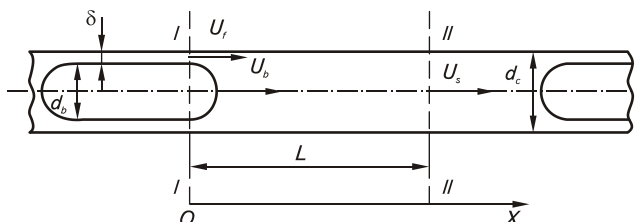


Рис. 1. Рух двухфазного середовища в циліндричному капілярі

Багато питань гідродинаміки газорідних систем при русі по капілярах потребує ретельного вивчення і не дозволяє встановити оптимальні умови, які підвищують ефективність процесу масообміну в системі газ-рідина.

Розглянемо циліндричний капіляр в якому відбувається рух двухфазного середовища в снарядному режимі. Виділимо об'єм, обмеженим січеннями I і II. Січення I – I проходить через циліндричну частину бульбашки, а січення II – II – через рідинний снаряд, значно віддалений від кінців бульбашок.

У випадку, коли розміри частинок співставленні з поперечним січенням снаряду, наприклад для снарядного руху двухфазних систем в капілярі, об'ємна доля i -ї фази не рівна долі площі, яку займає i -а фаза виділеного об'єму багатозфазної суміші V . Поверхнева доля i -ї фази.

$$\alpha_i = S_i / S. \quad (1)$$

Для фіксованого об'єму можна отримати рівняння нерозривності в загальній формі.

$$\frac{\partial(\rho_i \varepsilon_i)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \alpha_i U_i) = q_{vi}, \quad (2)$$

де: ρ — густина, кг/м³; ε_i — об'ємна доля i -ї фази, відн. од.; q — об'ємні конвективні витрати, м³/с;

Для об'ємних далей фаз можна записати

$$\sum_{i=1}^N \varepsilon_i = 1. \quad (3)$$

Визначимо витрати фази:

для бульбашки

$$q_2(x=0) = q_B = \int_{A_B} U_2 dA_B = 2\pi \int_0^{R_B} U_2(r) dr, \quad (4)$$

$$U_2(x=0) = U_B = \frac{q_B}{A_B}, \quad (5)$$

для плівки рідини навколо бульбашки

$$q_1(x=0) = q_f = \int_{A_f} U_1 dA_f = 2\pi \int_{R_B}^R U_1(r) dr, \quad (6)$$

$$U_1(x=0) = U_f = \frac{q_f}{A_f}, \quad (7)$$

для рідинного снаряду

$$q_1(x=L) = q_s = \int_{A_s} U_1 dA_s = 2\pi \int_0^R U_1(r) dr, \quad (8)$$

$$U_1(x=L) = U_s = \frac{q_s}{A_s}, \quad (9)$$

Провівши ряд математичних перетворень можна отримати

$$q_f + q_B = q_s. \quad (10)$$

Вираз (10) — це рівняння об'ємних потоків речовин, в лівій частині рівняння сумуються об'ємні потоки речовин, які входять у фіксований об'єм V , або які виходять із нього через січення $x=0$, в правій частині потоки речовин, які входять у фіксований об'єм V , або виходять із нього через січення $x=L$.

Відомо, що швидкість руху бульбашки більша швидкості руху рідини в пробці $U_B > U_s$. Тому в залежності від площі поперечного січення бульбашки, рух плівки може бути направлений як в сторону руху бульбашки (коли її площа незначна) так і в зворотньому напрямку (коли бульбашка займає значну частину січення капіляра).

Висновки. При дослідженні снарядного руху газорідної системи в капілярі багато уваги приділялося питанню формування бульбашок та їхньому руху в стиснених умовах. Було проведено ряд математичних перетворень, з яких випливає, що в залежності від площі поперечного січення бульбашки, рух плівки може бути направлений як в сторону бульбашки, так і в зворотному напрямку.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Multiphase monolith reactors: Chemical reaction engineering of segmented flow in microchannels* / [Kreuter M.T., Kapteijn F., Monlajan I.A., Heiszwolf I.I.] // *Chemical Engineering Science*. — 2005. — V. 60. — P. 58 — 95.

2. *Taylor G.I. Deposition of viscous fluid on the wall of a tube* / Taylor G.I. — *I. Fluid Mech.* 1961. — N 10. — P. 161.

Рассмотрено цилиндрический капилляр, в котором движется двухфазная среда в снарядном режиме. Теоретически описано движение газожидкостной смеси в снарядном режиме для случая сплывающего пузырька в гравитационном поле. Проведя ряд математических преобразований получили уравнение расхода жидкости в газе, равное расхода жидкости в плёнке плюс расходы в пузырьке: $q_f + q_B = q_s$. Данная статья может быть использована при разработке оборудования для сатурации жидкости.

Ключевые слова: снарядное движение, газожидкостная смесь, цилиндрический капилляр, уравнение объемного потока веществ, уравнение неразрывности.

A.M. Svitlyk, A.M. Prokhorov

Fast regime movement gas-liquid mixture in the capillary

The cylindrical capillary has been studied in which a two-phase medium movement in the fast regime takes place. The most promising mode of gas-liquid process is fast regime takes. Feature of this regime is: good mixing liquid shell small diffusion path for gas molecules. Theoretical description of gas-liquid mixture in the fast moving regime has been given for the case of bubbles emerging in the gravitational field. After a series of mathematical transformations were fluid flow equations in the gas, which is fluid flow in the film plus the cost of bubbles: $q_f + q_B = q_s$. This article maybe used to develop equipment for fluid saturation.

Key words: fast regime movement, gas-liquid process, cylindrical capillary, volumetric flow equation substances, the equation of continuity.

Одержано редколегією 7.05.2012 р.

І.М. ОЩИПОК

Львівська комерційна академія

ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ М'ЯСНИХ ТУШ І ВІДРУБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФАЗОІМПУЛЬСНОГО ПРИСТРОЮ

У статті розглянута важлива задача створення пристрою для множинного контролю габаритних параметрів туш і відрубів худоби різної конфігурації. Описана робота фазоімпульсного пристрою на основі вимірювання опорів. Досліджено питання розрахунку похибки датчика сигналу при неточній установці квадратури.

Ключові слова: туша, відруб, худоба, пристрій, фазоімпульсний, похибка.

Сировиною для м'ясної промисловості є худоба. Після її забою технологічні параметри отриманої сировини є надзвичайно різні. Щоб забезпечити сучасний рівень завантаження обладнання, правильного його налаштування і автоматизації процесів первинної переробки худоби необхідно мати дані про габаритні розміри туш, відрубів тощо [1 – 9]. У сучасних технологіях переробки м'яса часто застосовують методи використання опорів, які входять у мостові схеми, логометри і часоімпульсні перетворювачі даних у цифровий еквівалент. Перетворення інформації, яка поступає від замірів технологічних параметрів предмету праці, у цифровий код сприяє практичному застосуванню мікропроцесорів і комп'ютерів для управління виробничим процесом, збору і обробки інформації, та прийняття відповідних управлінських рішень.

Автоматизація процесу вимірювання і отримання відліку в числовому коді досягається використанням слідкувальних систем і аналогово-цифрових перетворювачів — пристроїв достатньо складних, що не завжди дозволяють забезпечити необхідну швидкодію і точність. Однією з важливих задач є створення пристроїв для множинного контролю габаритів сировини різної конфігурації і точок об'єктів обробки з використанням великої кількості перетворювачів. Здійснення обігаючого контролю, який вимагає почергового під'єднання давачів до вимірювальних кіл, збільшує тривалість процесу контролю і приводить до виникнення перехідних процесів в момент перемикання, що не завжди допускається умовами експлуатації.

Мета роботи. Використати фазоімпульсний вимірювальний пристрій для роботи з перетворювачами опору, який дозволяє порівняно просто отримати результат в числовому коді за допомогою відомих перетворювачів часового інтервалу і реалізувати обігаючий контроль без перемикання давачів.

Наведемо один з можливих варіантів структурної схеми пристрою для вимірювання опору (рис. 1). Основними елементами структурної схеми є генератор опорної напруги (ГОН), квадратурний фазорозщеплювач (ФР), резис-торний міст (РМ), формуючі каскади з диференціюючими колами (ФК), вентиля (В), генератор лічильних імпульсів (ГЛІ) формувач строб-імпульсів (ФСІ), ключ (К), лічильник імпульсів (ЛЧ), дешифратор (ДШ), лічильник вимірних об'єктів (ЛЧВО), пристрій відображення (ПВ).

Синусоїдальна напруга ГОН надходить на фазорозщеплювач, вихідна напруга якого, зсунута одна відносно іншої на 90° , підведені до чотирьох вершин РМ. В одне з плечей моста увімкнений змінний опір, який є функцією габаритних розмірів туші тварини R , а інші плечі — зразкові опори r . Зсув фаз θ між напругами U_0 і U_1 є функцією R і визначається залежністю:

$$\theta = \arctg(R/r). \tag{1}$$

Синусоїдальні напруги U_0 і U_1 перетворюються за допомогою ФК в короткі знакозмінні імпульси, які відповідають переходам U_0 і U_1 через нульові значення. Однополярні імпульси, отримані на виході вентилів В, запускають ФСІ, керуючись ключами К, через які імпульси ГЛІ надходять на ЛЧ. Опір резистора R залежить від технологічних параметрів м'ясних туш і відрубів, наприклад, габаритних розмірів.

Кількість імпульсів N , які заповнюють інтервал часу, пропорційний зсуву фаз θ , і визначається з урахуванням (1), наступним виразом:

$$N = n\theta = n \arctg(R/r), \tag{2}$$

де n — число імпульсів ГЛІ, яке відноситься до одного градуса фазового кута.

Якщо R є, наприклад, змінний опір, то кількість імпульсів, які заповнюють інтервал часу, пропорційний зсуву фаз синусоїдальних напруг U_0 і U_1 , буде різною.

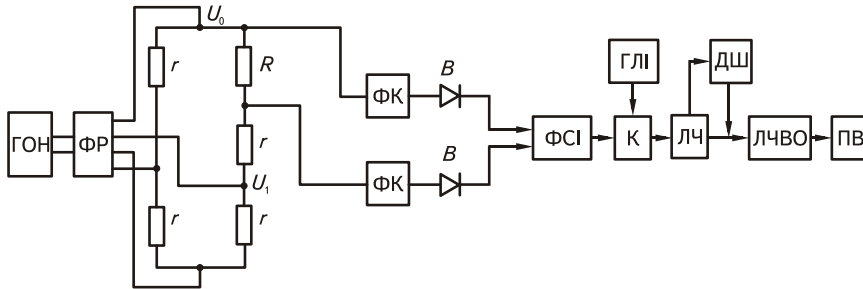


Рис. 1. Структурна схема фазоімпульсного пристрою

Принцип роботи розглянутого пристрою можна проілюструвати часовою діаграмою (рис. 2). На діаграмі зображені: напруги U_0 і U_1 на виході РМ (рис. 2, а); імпульси напруг на виході вентилів (рис. 2, б); напруги на виході ФСІ (рис. 2, в); імпульси злічувані ЛЧ (рис. 2, г).

Величину зразкового опору r можна визначити з умови максимальної чутливості пристрою S , яка легко отримується диференціюванням виразу (1) по R :

$$S = \frac{r}{R^2 + r^2}. \tag{4}$$

Максимальна чутливість системи буде при умові $R = r$.

Похибка вимірювання з допомогою розгляданого пристрою при відсутності зовнішніх збурень обумовлена в основному нелінійністю залежності $\theta = f(R)$ і відсутністю квадратури між вихідними напругами фазорозщеплювача.

В літературі наведені досить прості формули для розрахунку похибки у випадку нелінійної характеристики перетворювача при умові, що апроксимована функція є квадратним тричленом. Проте ці формули не можуть бути використані в даному випадку, оскільки функція тангенса і арктангенса не апроксимуються поліномами другого порядку. У зв'язку з цим отриманий наближений вираз для вказаної похибки, при виведенні якого функції тангенса і арктангенса апроксимувались поліномами третього порядку.

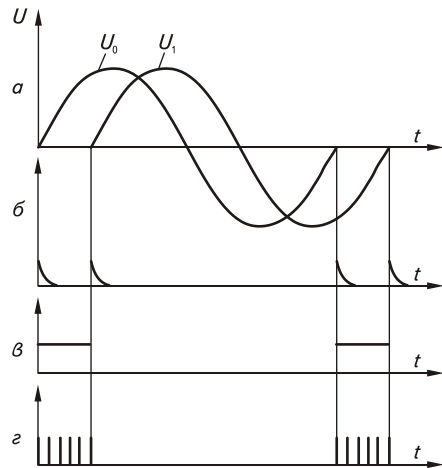


Рис. 2. Часова діаграма роботи пристрою

На рис. 3, а наведений графік функції $R = f(\theta)$ рівняння апроксимуючої прямої при умові рівності нулю похибки на початку і в кінці шкали, який має вид

$$R_u = R_n + \frac{\theta - \theta_n}{\theta_k - \theta_n} (R_k - R_n), \quad (5)$$

де R_u — вимірне значення опору перетворювача, Ом; $R_k, R_n; \theta_k, \theta_n$ — відповідно початкові і кінцеві значення опору перетворювача і кута зсуву фаз між напругами U_0 і U_1 ; θ — проміжне значення кута зсуву фаз між напругами U_0 і U_1 .

Приймаючи, дійсне значення кута опору

$$R_{\theta} = r \operatorname{tg} \theta. \quad (6)$$

Приведену похибку вимірювання δ визначимо із співвідношення

$$\delta = \frac{R_u - R_{\theta}}{R_k - R_n} = \frac{\theta}{\frac{\operatorname{arctg} R_k}{r} - \frac{\operatorname{arctg} R_n}{r}} + \frac{R_n}{R_k - R_n} - \frac{\frac{\operatorname{arctg} R_n}{r}}{\frac{\operatorname{arctg} R_k}{r} - \frac{\operatorname{arctg} R_n}{r}} - \frac{r \operatorname{tg} \theta}{R_k - R_n}. \quad (7)$$

Замінюючи, функції тангенса і арктангенса у співвідношенні (7) двома членами розкладання в ряд Маклорена, і нехтуючи членами вищого порядку малості, які містять аргументи п'ятої і вище ступенів після перетворень з використанням правил наближеного числення, отримуємо наступний вираз для максимальної приведеної похибки, обумовленої нелінійністю характеристики перетворення:

$$\delta_{\max} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{R_k - R_n} \left[\frac{2}{3\sqrt{3}} \sqrt{(R_n^2 + R_k R_n + R_k^2)^3} - R_k R_n (R_k + R_n) \right] \frac{1}{r^2}. \quad (8)$$

З виразу (8) випливає, що максимальна похибка апроксимації обернено пропорційна квадрату зразкового опору r і може бути істотно зменшена при збільшенні останнього. При цьому чутливість пристрою, як показує вираз (2), зменшується приблизно пропорційно першій ступені r .

Апроксимацію можна вважати оптимальною, якщо апроксимуючу пряму зсунути паралельно до її початкового положення так, щоб значення максимальної похибки зменшилось вдвоє. В цьому випадку значення максимальної похибки при використанні, наприклад, опору з границею вимірювання для м'ясної промисловості, $R_n = 100$ Ом, $R_k = 180$ Ом, не буде перевищувати 0,15 %.

При зсуві фаз між напругами на виході фазорозщеплювача не рівному $\frac{\pi}{2}$, $\sigma \frac{\pi}{2} \pm \varphi$, зсув фаз

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{R_{\theta}^* \cos \varphi}{r \pm R_{\theta}^* \sin \varphi}, \quad (9)$$

де R_{θ}^* — дійсне значення опору перетворення, Ом.

Звідки виходить, що дійсне значення опору перетворювача

$$R_{\theta}^* = \frac{r \operatorname{tg} \theta}{\cos \varphi \pm \operatorname{tg} \theta \sin \varphi}. \quad (10)$$

Враховуючи, що $R_u^* = R_{\theta}^*$, де R_u^* — дійсне вимірне значення опору перетворення, Ом.

Приведену похибку вимірювання δ^* можна представити у вигляді

$$\delta^* = \frac{R_u^* - R_{\theta}^*}{R_k - R_n} = \frac{r \operatorname{tg} \theta}{R_k - R_n} \left(1 - \frac{1}{\cos \varphi \pm \operatorname{tg} \theta \sin \varphi} \right)$$

і після перетворень

$$\delta^* = \pm \frac{r\varphi}{R_k - R_n} \varphi \operatorname{tg}^2 \theta. \quad (11)$$

Графік функції $R^* = f(\theta)$ при $\varphi = 0$ і $\varphi \neq 0$ показано на рис. 3, б. Як видно з графіка найбільше значення абсолютної похибки ΔR_{\max} і, отже, приведеної похибки δ^*_{\max} , відповідає $\theta = \theta_k$. Підставляючи значення θ_k , визначене з виразу (9), у вираз (11) отримуємо залежність для максимальної приведеної похибки у вигляді

$$\delta^*_{\max} = \pm \frac{R_k^2}{r(R_k - R_n)} \cdot \frac{\varphi}{\left(1 \pm \frac{R_k}{r} \varphi\right)}.$$

Похибку, яка виникає при неточній установці квадратури, можна зменшити, якщо в якості опорної можна використати напругу U_0 , яка знімається з загальної точки опорів R і r утворюючих плече, шунтуюче вимірювальне. Значення опору R вибирається рівним початковому опору перетворювача R_n . При такій установці плеча моста максимальна приведена похибка, обумовлена неточною установкою квадратури, має вигляд

$$\delta^*_{\max} = \pm \frac{\varphi(R_k + R_n)}{r}.$$

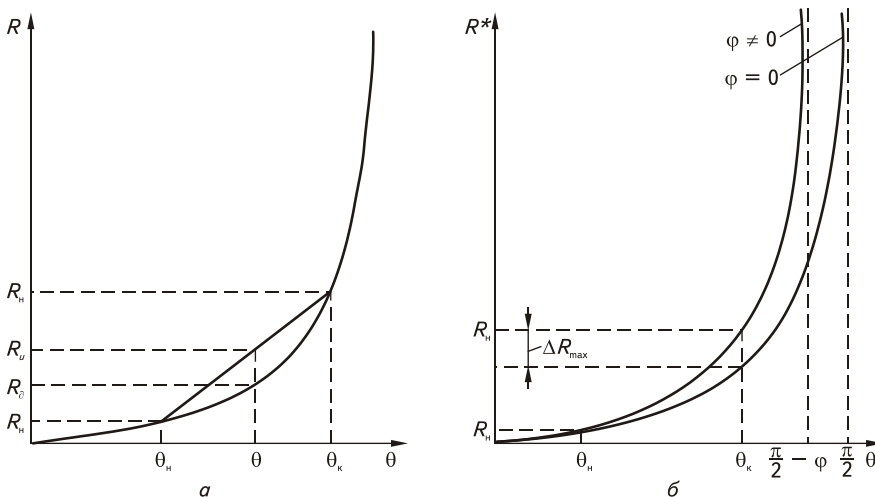


Рис. 3. Графік функції апроксимуючої прямої:

а) при умові рівності нулю похибки на початку і в кінці шкали; б) при $\varphi = 0$ і $\varphi \neq 0$

Висновки. Перетворення інформації, яка надходить від обладнання, і замірів у цифровий еквівалент сприяє процесу автоматизації вимірювання технологічних параметрів м'ясної сировини. Це дозволяє використати комп'ютери для збору і обробки інформації. Наведений аналіз показує, що основним джерелом похибок є фазорозщеплювач. Тому при реалізації розглядуваного принципу побудови вимірювачів опору особливу увагу слід приділити стабільності і точності фазорозщеплюючих кіл.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Віннікова Л.Г.* Теорія і практика переробки м'яса / Л.Г. Віннікова. — Ізмаїл: СМНЛ, 2000. — 172 с.

2. Гончаров Г.І. Технологія первинної переробки худоби і продуктів забою / Г.І. Гончаров. — К.: НУХТ, 2003 — 156 с.
3. Ощипок І.М. Виробничий та технологічний процеси м'ясних виробництв і застосування комп'ютерних технологій / І.М. Ощипок // «Мясное дело» — Київ, 2006. — № 9. — С. 12 — 15.
4. Ощипок І.М. Пристрій для автоматизованого сортування напівтуш худоби / І.М. Ощипок // «Мясное дело». — Київ, 2006. — № 10, 11. — С. 56 — 57.
5. Ощипок І.М. Модель раціонального використання сировинних ресурсів м'ясних виробництв / І.М. Ощипок // «Мясное дело». — Київ, 2007. — № 1. — С. 12 — 14.
6. Ощипок І.М. Деякі аспекти забезпечення прибутковості м'ясних виробництв / І.М. Ощипок // «Мясное дело». — Київ, 2007. — № 4. — С. 41 — 44.
7. Ощипок І.М. Оновлення обладнання м'ясних виробництв на нових технічних розробках. /І.М Ощипок., В.І. Ярошевич // Матеріали науково-практичної конференції «Досягнення молодих вчених у вирішенні актуальних проблем м'ясної та молочної галузей». — Київ, 2009. — С. 23 — 24.
8. Ощипок І.М. Комп'ютерний контроль потоків сировини і виробів м'ясопереробних підприємств / І.М. Ощипок // Збірник наукових праць ХДУХТ. — Харків, 2011. — Вип. 2 (12). — С. 212 — 217.
9. Патент України № 64798, МПК (2011.01) G01F 5/00, H05B 41/26, (2006.01) H04R 21/00, H02M 5/14, (2006/01) H02 M5/16, (2006/01) A22C 17/00 / Спосіб визначення технологічних параметрів туш худоби і свиней // Ощипок І.М., Занічковська Л.В. Опубл. 25.11.2011. Бюл. № 22.

В статье рассмотрена важная задача создания устройства для множественного контроля габаритных параметров туш и отрубей животных различной конфигурации. Описана работа фазоимпульсного устройства на основании измерений сопротивлений. Исследованы вопросы расчета погрешности датчика сигнала при неточной установке квадратуры. Применение таких устройств будет способствовать учету и компьютерному контролю сырья, поступившего после первичной переработки убойных животных. Упростится процесс создания логистических схем производства.

Ключевые слова: туша, отруб, скот, устройство, фазоимпульсный, погрешность.

I.M. Oshchypok

Evaluation of technological parameters of meat carcasses and cuts using device fazoimpulsnoho

In this paper the important task of creating a device to control multiple external dimensions of cattle carcasses and cuts of varying configurations. The functioning of the device based on the pulse-phase resistance measurement. The question of calculating the error sensor signal by inaccurate installation squaring. The use of such devices will facilitate the integration of raw materials and computer controls, received after the initial processing of slaughtered animals. Simplified the creation of logistics for production.

The above analysis shows that the main source of error is the phase splitters. Therefore, under consideration of the principle of the measuring resistance should focus on stability and accuracy of phase decomposing circles.

Key words: carcass, cuts, cattle, device phase-pulse, error.

Одержана редколлегією 05.04.12 р.

В.М. ГІДЖЕЛІЦЬКИЙ*Київський кооперативний інститут бізнесу і права***І.А. ГОНТА***Уманський національний університет садівництва***В.А. ПІДДУБНИЙ***Національний університет харчових технологій*

МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

В публікації наведено узагальнення інформації щодо методів стабілізації продукції переробних виробництв. Загальний перелік фізичних і хімічних впливів приводить до висновку про спроби використання майже повного електромагнітного спектра в пошуках методів стабілізації сировинних потоків і продукції. Наведено перелік умов, яким мають відповідати методи стабілізації продукції. Зазначені переваги, пов'язані з вакуумними технологіями обробки продукції та з технологіями переведення її до метастабільних станів.

Ключові слова: стабілізація, метод, вплив, обробка, термодинаміка, біоз, анабіоз, абіоз.

Завданням діяльності переробних підприємств є отримання стандартної продукції з гарантованим терміном її зберігання. При цьому економіка виробництва вимагає мінімізації витрат, безпосередньо пов'язаних з повним циклом технології. Значну частину собівартості продукції складають витрати, які визначаються забезпеченням стабілізації якісних та енергетичних показників продукції. Сучасні матеріали, технології та обладнання дозволяють розширити зони спеціальних впливів в режимах обробки матеріальних потоків, які супроводжують різні операції, і у тому числі операції фасування та обробку фасованої і герметизованої продукції. Разом з тим в безперервному розвитку знаходяться технології переробки та зберігання готової продукції. Ґрунтуються такі технології на принципах біозу, анабіозу і абіозу або на певних комбінаціях зазначених принципів, хоча практично завжди можливо вказати на певні переваги тих чи інших використовуваних методів.

Поширеними з їх числа є впливи низької температури, заморожування, висушування, досягнення високих концентрацій сухих речовин, маринування, квашення, пастеризації, стерилізації, спиртування, використання консервантів. У полі зору активних досліджень залишаються пошуки параметрів електротехнологій, електромагнітних методів обробки, їх комбінацій, або в поєднанні з іншими (наприклад, електрогідралічними) ефектами [1, 2]. У літературних джерелах відображена значна сукупність досліджень, пов'язаних з використанням майже повного електромагнітного спектра [3, 4]. Це електростатичні поля, струми постійної або низької частоти, ультразвук, струми високої і надвисокої частоти, інфрачервоні, видимі, ультрафіолетові, рентгенівські і гамма-промені. Ці методи забезпечують електрокопчення риби і м'яса, очищення зерна, розділення продукції за фракціями, нагрівання, випікання, електроплазмоліз, кристалізацію, сушіння, диспергування, перемішування, консервування, стерилізацію, пастеризацію, жарку, стимулювання хімічних реакцій, каталіз хімічних реакцій тощо.

Завданням цього дослідження обрано аналіз та оцінку перспектив методів стабілізації овочевої та ягідної продукції з високим рівнем вологості.

За такої оцінки відзначимо, що взаємодія струмів постійних або низької частоти, струмів високої і надвисокої частот та інфрачервоних променів з оброблюваними середо-вищами відбувається з трансформацією електромагнітної енергії в теплову, а обробка ультра-звуком, видимими променями, ультрафіолетовими, рентгенівськими і гамма-променями супро-воджується зміною хімічних

© В.М. Гіджельський, І.А. Гонта, В.А. Піддубний, 2013

потенціалів і хімічними ефектами. Оскільки, як правило, метою обробки є знешкодження мікрофлори продукції або хоча б досягнення бактеріостатичних ефектів, то ті методи, які забезпечують перехід вхідного енергетичного потоку в теплову енергію, знаходять широке застосування.

З точки зору інтересів виробничника і одночасно споживача продукції харчових виробництв методи стабілізації останньої повинні відповідати таким умовам:

- 1) гарантований 100 %-вий зазначений термін зберігання;
- 2) мінімальні зміни якісних характеристик продукції;
- 3) мінімальні втрати вітамінних комплексів та інших елементів біологічної цінності;
- 4) відсутність післядії методів обробки на організм споживача продукції чи хоча б обмеження показників післядії рамками діючих стандартів;
- 5) мінімізовані енергетичні витрати;
- 6) мінімізовані економічні витрати;
- 7) орієнтація на можливість використання обладнання, яке вже присутнє в технологіях переробки сировинних потоків.

Першому пункту вимог найбільш гарантовано відповідають методи теплової обробки або ті методи фізичної обробки, результатом дії яких є нагрівання продукції. Однак ці методи супроводжуються руйнуванням структури продукції, впливом на вітамінні комплекси, біологічну цінність тощо. З метою обмеження негативних впливів теплової обробки в значній кількості технологій використовуються режими високотемпературної короткочасної стерилізації (ВТКС) або пастеризації. Ці методи ґрунтуються на певних сполученнях температур і часу обробки. Однак у багатьох випадках перепонами у використанні цих методів виступають перехідні процеси нагрівання та охолодження. Для їх подолання потрібно забезпечити високі показники питомої площі теплопередачі і коефіцієнтів теплопередачі. Цим двом умовам відносно добре відповідають пластинчасті теплообмінні апарати і на їх основі здійснюється пастеризація або стерилізація в потоці таких видів продукції як молоко, пиво, соки, напої, вино тощо. Запитам швидкого нагрівання продукції відповідають також ВЧ і НВЧ-обробка, хоча відчутно обмежено використання відповідного обладнання промислового рівня.

Поряд з основними вимогами асептичної обробки продукції ставиться завдання обмеження теплових витрат на процес, яке досягається, наприклад, організацією режимів рекуперації.

Технології асептичного фасування продукції потребують більш складного обладнання. Найчастіше тепла обробка здійснюється після фасування і герметизації упаковок на рівні пастеризації або стерилізації.

В окремих випадках використовують так зване гаряче фасування або комбінації гарячого фасування та паровакуумного пакування.

Перехідні процеси нагрівання та охолодження обмежують використання високотемпературних технологій. Однак саме висока гарантія досягнення асептичного стану продукції висуває теплову обробку на головне місце.

На другому місці знаходяться методи хімічної обробки, в тому числі як на основі біосинтезу речовин-консервантів в процесах отримання продукції (квашення, маринування, бродіння тощо), так і внесенням в продукцію консервантів. Перелік продукції, що випускається на підприємствах України з використанням хімічних консервантів, останнім часом став загрозливо великим і вимагає втручання та обмеження їх використання на державному рівні.

Відносно швидкими темпами відбувається насичення промисловості України обладнанням, що стосується технологій вакуумного пакування та використання модифікованих середовищ в герметизованих упаковках. У таких умовах існує комбінація фізичних і хімічних впливів, аналіз і вивчення яких може суттєво підвищити результативність технологій вакуумного пакування як у напрямку подовження термінів зберігання, так і в інтересах стабілізації якісних показників і біологічної цінності продукції.

Незважаючи на вагомості досягнення вакуумних технологій, їх наукова основа далека від завершення, внаслідок чого з'являються деякі негативні наслідки. Усунення таких негативів лежить на шляху поглибленого вивчення термодинаміки біологічних систем, впливів різкої зміни тиску, що пов'язано з переходом таких систем в метастабільні стани тощо.

Об'єднання науковців Національного університету харчових технологій і Уманського національного університету садівництва показали, що за певних умов і режимів вакуумування досягаються стійкі летальні ефекти по мікрофлорі, яка супроводжує продукцію [1]. При цьому мають значення термодинамічні параметри тиску і температури, швидкість зміни тиску,

величини осмотичних тисків, час витримки у вакуумі тощо. Для поглибленої оцінки факторів впливу було здійснено перехід до технологій різкої зміни тиску в оброблюваних середовищах, які підтвердили очікувані результати по летальним ефектам. Одночасно були перевірені впливи різкої зміни тиску на рослинні клітини, які показали можливість їх повної деструкції. При цьому відмічалось, що поглиблене вивчення комбінацій технологій різкої зміни тиску, вакуумної обробки і впливів осмотичного тиску, має перспективу використання як безпосередньо на певних ділянках виробництва продукції, так і в операціях фасування. Разом з тим важливе значення має інформація, що стосується характеристик продукції харчових виробництв, методів обробки, впливів фізичних і хімічних факторів на неї. Паралельно з вирішенням зазначених завдань необхідно досягти вирішення окремих питань, пов'язаних з технічним забезпеченням режимів вакуумної обробки.

Висновки. Виконаний аналіз методів стабілізації продукції переробних підприємств дозволяє відмітити наступне.

1. Вибір технологій стабілізації якісних і енергетичних характеристик сировинних потоків і готової продукції повинен здійснюватися на основі врахування особливостей взаємодіючих матеріальних і енергетичних потоків.

2. Заслугують на перевагу фізичні методи обробки сировинних потоків і продукції з обмеженими хімічними впливами.

3. Досягнення летальних ефектів по мікрофлорі за використання вакуумних технологій визначає перспективне їх використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів* / [Соколенко А.І., Українець А.І., Яровий В.Л. та ін.] — К.: Люксар, 2007. — 454 с.

2. *Пирог Т.П.* Загальна біотехнологія / Т.П. Пирог, О.А. Ігнатова. — К.: НУХТ, 2009. — 336 с.

3. *Шевченко О.Ю.* Наукові основи і апаратне оформлення процесів довгострокового зберігання харчових продуктів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня докт.техн.наук. К.: НУХТ. — 2006. — 46 с.

4. *Шевченко О.Ю.* Визначення параметрів вакуумного пакування харчових продуктів / Шевченко О.Ю. // Харчова промисловість — К.: НУХТ. — 2004. — № 3. — С. 140 — 143.

В публикации приведено обобщение информации о методах стабилизации продукции перерабатывающих производств. Общий перечень физических и химических воздействий приводит к выводу о попытках использования почти полного электромагнитного спектра в поисках методов стабилизации сырьевых потоков и продукции. Приведен перечень условий, которым должны соответствовать методы стабилизации продукции. Указаны преимущества, связанные с вакуумными технологиями обработки продукции и с технологиями перевода ее в метастабильные состояния.

Ключевые слова: стабилизация, метод, влияние, обработка, термодинамика, биоз, анабиоз, абиоз.

V.M. Gidgelitzkii, I.A. Gonta, V.A. Pidbynii

Stabilization methods of production processing industries

This publication provides information on the methods of synthesis of stabilization products processing industries. The total list of physical and chemical stress leads to the conclusion that attempts to use nearly the full electromagnetic spectrum in search of methods of stabilizing commodity flows and products.

The list of conditions to be met by methods of stabilizing output. These benefits associated with vacuum processing technology and products with technology transfer it to metastable states.

Key words: stabilization, method, effect, trim, thermodynamics, bioz, suspended animation, abioz.

Отримано редколегією 25.02.2013 р.

УДК 664.1.054

**В.Г. МИРОНЧУК,
М.М. САМІЛИК,
О.А. ЄЩЕНКО**

Національний університет харчових технологій

ПОЛІТЕРМІЧНА КРИСТАЛІЗАЦІЯ САХАРОЗИ

Розглянуто питання доцільності використання проміжного нагрівання утфелю останньої кристалізації замість розкачок водою чи мелясою при політермічній кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах. За таких умов ведення процесу досягається найбільше знецукрення меляси і покращується гранулометричний склад кристалів цукру.

Ключові слова : сахароза, кристалізація, проміжне нагрівання, утфель, перемішувач-кристалізатор.

Процес додаткової кристалізації сахарози утфелю останнього ступеню кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах здійснюється в політермічних умовах. За існуючого регламенту ведення цього процесу, температура утфелю знижується від 68 – 72 °С до 35 – 40 °С та наступним підігрівом до 40 – 45 °С, при тривалості процесу в горизонтальних перемішувачах-кристалізаторах не менше ніж 32 години, у вертикальних не менше, ніж 25 годин [1].

Кінетика процесу кристалізації за таких умов залежить від коефіцієнту пересичення міжкристального розчину різної чистоти [2]. Зменшення температури утфелю та чистоти міжкристального розчину в процесі кристалізації охолодженням зменшують швидкість кристалізації по причині зростання в'язкості міжкристального розчину [3]. Це, та наявність нерівномірності температурного поля біля поверхонь теплообміну в перемішувачах-кристалізаторах провокує утворення вторинних кристалів та конгломератів, що погіршує умови кристалізації, центрифугування і як наслідок, підвищує вміст сахарози в мелясі.

Крім того, перевищення темпу охолодження утфелю швидкості кристалізації сахарози збільшує пересичення міжкристального розчину переводячи його в лабільну зону, що також сприяє інтенсивному утворенню вторинних кристалів.

В практиці цукрового виробництва для усунення цих явищ застосовують розкачку утфелю водою, мелясою чи розбавленою мелясою [4]. Такий метод дозволяє зменшити в'язкість міжкристального розчину утфелю. Після розкачки швидкість кристалізації дещо зростає, покращується гранулометричний склад кристалів цукру [5]. Разом з тим, зважаючи на те, що вода є інтенсивним мелясоутворювачем (коефіцієнт мелясоутворення води досягає 2,3 – 2,7) [2], збільшується кількість і чистота меляси та вміст сахарози в ній [6].

Альтернативою розкачок утфелю останнього ступеня кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах може бути їх зміна на теплові розкачки, тобто використання проміжного нагрівання утфелю.

Метою даної роботи було дослідити і визначити доцільність використання проміжного нагрівання утфелю замість його розкачок водою чи мелясою в процесі політермічної кристалізації сахарози, шляхом охолодження утфелю останнього ступеня кристалізації в перемішувачах-кристалізаторах.

Дослідження [6] показують, що при зменшенні температури утфелю від 70 – 75 °С до 50 – 55 °С швидкість кристалізації зменшується майже вдвічі (рис. 1).

З огляду на дифузійно-кінетичну теорію кристалізації, її швидкість залежить від лімітуючих факторів: швидкості дифузії (транспортування) молекул сахарози з об'єму цукрового

розчину до поверхні кристалів і швидкості кристалохімічної реакції вбудовування молекул в кристалічну решітку сахарози на поверхні кристалів [3]. Швидкість перенесення молекул сахарози (швидкість дифузії) в значній мірі залежить від в'язкості міжкристального розчину. Зі зменшенням в'язкості розчину швидкість дифузійного перенесення молекул сахарози зростає.

Швидкість перетворення на поверхні кристалів (кристалічно-хімічна реакція) залежить від поверхневого натягу на межі розділу фаз «розчин- кристал». Зі зменшенням температури, поверхневий натяг на межі розділу фаз тверде тіло — рідина зростає [7]. Отже, для прискорення швидкості перетворення на межі «розчин- кристал» поверхневий натяг слід зменшувати.

Аналіз літературних джерел та наші дослідження показують, що зі збільшенням температури в'язкість міжкристального розчину зменшується в залежності від його чистоти.

Наші дослідження по визначенню коефіцієнта поверхневого натягу за різних умов обробки утфелю останньої кристалізації показали, що зменшення коефіцієнту поверхневого натягу досягається лише за умов проміжного нагрівання утфелю. В інших випадках, при розкачці утфелю водою чи цукровими розчинами, він зростає (рис. 2).

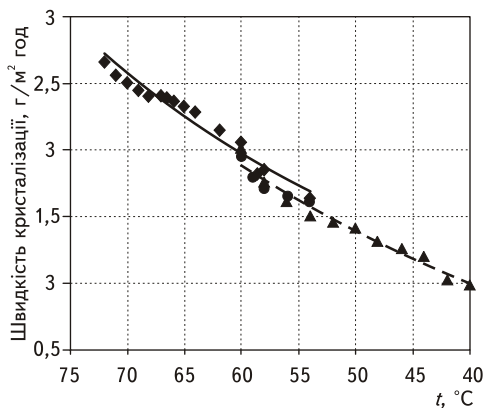


Рис. 1. Швидкість політермічної кристалізації сахарози:
 -♦- — до нагріву, -●- — під час нагріву,
 -▲- — після нагріву

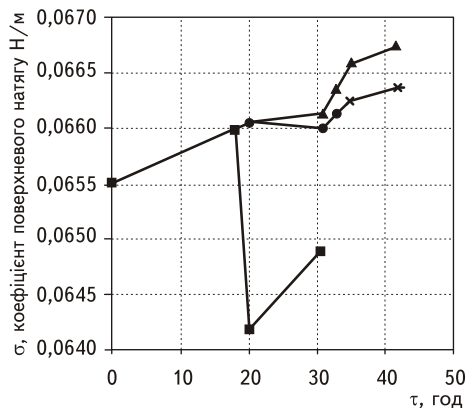


Рис. 2. Зміна коефіцієнту поверхневого натягу при різному режимі політермічної кристалізації:
 -×- — за умов розбавлення цукровим розчином високої чистоти; -▲- — за умов розбавлення водою;
 -●- — за умов розбавлення цукровим розчином низької чистоти; -■- — за умов проміжного нагрівання

Отже, проміжне нагрівання утфелю останнього ступеня кристалізації від температури 50 — 55 °С на 7 — 10 °С прискорює процес політермічної кристалізації сахарози за рахунок зменшення в'язкості міжкристального розчину та зменшення коефіцієнту поверхневого натягу на межі розділу фаз «кристал — цукровий розчин».

Наші дослідження по визначенню чистоти міжкристального розчину за різних способів обробки утфелю останньої ступені кристалізації показали, що найбільше знецукрення меляси досягається за умов проміжного нагрівання цукру на 7 — 10 °С (рис. 3).

Результати досліджень гранулометричного скраду кристалів цукру показує, що за умов проміжного нагрівання утфелю останнього ступеня кристалізації досягає найбіль-



Рис. 3. Залежність чистоти міжкристального розчину від способу обробки утфелю останньої кристалізації в кінці політермічної кристалізації:
 1 — розкачка водою, 2 — розкачка мелясою, 3 — проміжний нагрів на 5 °С, 4 — проміжний нагрів на 7 °С, 5 — проміжний нагрів на 10 °С, 6 — проміжний нагрів на 12 °С

шого відсоткового вмісту кристалів цукру фракції $>0,5$ мм — 91,5 %, в порівнянні з розкачкою водою — 85,5%.

Наші дослідження зміни температури при політермічній кристалізації утфелю останньої ступені кристалізації (рис. 4) в умовах застосування проміжного нагрівання утфелю засвідчили високу точність.

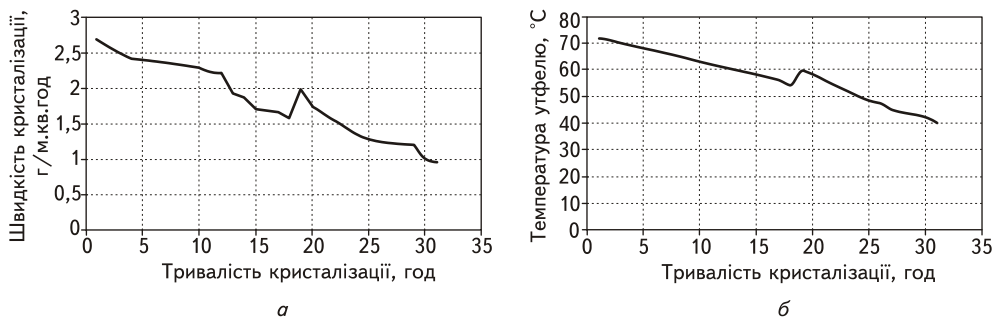


Рис. 4. Зміна швидкості кристалізації з часом при проведенні проміжного нагрівання утфелю (а) та зміна температури утфелю в часі при проведенні проміжного нагрівання утфелю (б) протягом процесу політермічної кристалізації

Збіжності зміни температури утфелю і швидкості кристалізації. Коефіцієнт кореляції між функціями $t_{\text{ут}} = f(\tau)$ і $v_{\text{кр}} = a(\tau)$ складає 0,98 одиниць.

Висновки. Проміжне нагрівання на 7 – 10 °С утфелю останнього ступеня кристалізації від температури 50 – 55 °С до 58 – 60 °С в процесі полі термічної кристалізації усуває недоліки розкачок утфелю водою чи мелясою і забезпечує ефект кристалізації 8,2 – 8,4 % при кращих гранулометричних характеристиках кристалів цукру.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Технологічний* процес виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики 15.83. — 37. — 106.2007. — К.: Цукор України. — 2007. — С. 420.
2. *Сапронов А.Р.* Технология сахарного производства. — М.: Колос, 1998. — С. 495.
3. *Кулинченко В.Р., Мирончук В.Г.* Промышленная кристаллизация сахаристых веществ. — К.:РВЦ НУХТ, 2012. — С. 426.
4. *Скорик К.Д.* Промислова кристалізація цукру. — К.: ТОВ «Сталь», 2004. — С. 202.
5. *Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Часть 2./ Штангев В.О., Кобер В.Т., Белостоцкий Л.Г. и др.* Под ред. Штангеева В.О., — К. : «Цукор України», 2004. — С. 320.
6. *Мирончук В.Г., Єщенко О.А., Картава М.М.* Интенсификация процесса кристаллизации охлаждением сахарного утфеля последнего продукта. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. — Луцьк, 2012. — С. 111 — 117.
7. *Гулий И.С.* // Непрерывная варка и кристаллизация сахара. М.: Пищевая промышленность. 1976. — 270с.

Рассмотренные вопросы целесообразности использования промежуточного нагрева утфеля последней ступени кристаллизации вместо раскачек водой или мелассой при политермической кристаллизации в мешалках-кристаллизаторах. При таких условиях ведення процесса достигается наибольшее обессахаривание мелассы и улучшается гранулометрический состав кристаллов сахара.

Ключевые слова: сахароза, кристаллизация, промежуточный нагрев, утфель, мешалка-кристаллизатор.

V.H. Myronchuk, M.M. Samilyk, O.A. Yeshchenko
Polythermal crystallization of sucrose

The problem of the usefulness of an intermediate heat finish crystallization massecuite instead of water or molasses dilutions during polythermal crystallization at mixers-crystallizer is discussed. The kinetics of the crystallization process depends on the supersaturation coefficient of the different purity syrup. Reducing the massecuite temperature and syrup purity during cooling crystallization reduces the rate of crystallization due to syrup viscosity increase. This, and the presence of temperature distribution unevenness next to the heat transfer surface in mixer-crystallizers provoke the formation of secondary grains and conglomerates impair crystallization and centrifugation conditions, and, consequently, increase the sucrose content of the molasses. Intermediate heating by 7 – 10 °C of the finish crystallization stage massecuite from temperature of 50 – 55 °C to 58 – 60 °C during polythermal crystallization overcomes the disadvantages of water or molasses dilution and provides the effect of crystallization of 8,2 – 8,4 % with better grain size characteristics sugar crystals and increases molasses desugarization.

Key words: sucrose, crystallization, intermediate heat, massecuite, mixer crystallizer.

Одержано редколегією 1.03.2013 р.

М.В. ЯКИМЧУК*Національний університет харчових технологій*

РОЗРОБКА МЕТОДИК ВИБОРУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГРУПОВОЇ УПАКОВКИ

У статті розглядається можливість використання комбінованих захоплювальних пристроїв для виконання технологічних операцій в обладнанні для групового пакування. Розроблена математична модель для визначення основних кінематичних та динамічних параметрів таких конструкцій з урахуванням фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів, що дає можливість обмежити дію зусилля утримання та зберегти товарний вигляд упаковок. Проведений порівняльний аналіз зусиль утримання вакуумними, механічними та комбінованими захоплювальними пристроями. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових конструкцій комбінованих захоплювальних пристроїв в обладнанні для групової упаковки.

Ключеві слова: групова упаковка, зусилля утримання, повітропроникність, комбіновані захоплювальні пристрої.

Сьогодення пакувальної галузі характеризується розробкою та використанням великої номенклатури упаковок, які мають різні форми, розміри, маси, фізичні та механічні характеристики матеріалів з яких вони виготовлені, оригінальні споживчі елементи [1]. Для зручного транспортування упаковок від виробника до споживача з упаковок формують транспортну одиницю у вигляді групової упаковки.

Для створення групової упаковки здебільшого використовуються захоплювальні пристрої. Захоплювальні пристрої служать для захоплення та утримування в певному положенні упаковок під час їх переміщення.

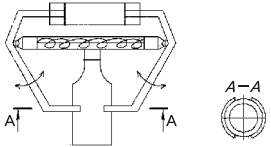
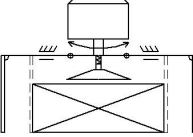
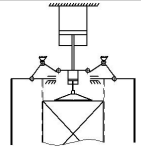
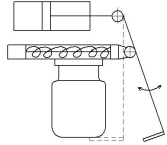
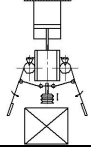
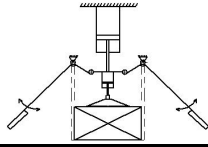
Конструктивно захоплювальні пристрої є одним із основних функціональних модулів пакувального обладнання [5]. Всі захоплювальні пристрої, в залежності від класифікаційних ознак умовно можна поділити на групи, які розрізняються способом контакту робочих органів із елементами упаковки. Так, можна виділити наступні способи контакту робочих органів із елементами упаковки: механічний, камерний, вакуумний, магнітний, комбінований та пасивний.

Найбільш перспективними є комбіновані захоплювальні пристрої. Комбіновані захоплювальні пристрої утримують об'єкт за рахунок використання в конструкції двох і більше захоплюючих елементів, які працюють одночасно. В залежності від форми та матеріалу споживчих упаковок була розроблена класифікація комбінованих захоплювальних пристроїв, яка наведена в таблиці 1.

Перша група пристроїв забезпечує утримання упаковок за рахунок поєднання зусилля від механічного та магнітного утримуючих елементів. Захоплювальні пристрої такого типу

використовуються для перенесення металевих упаковок, або упаковок, які частково складаються з металевих включень. Друга група пристроїв забезпечує утримання упаковок шляхом поєднання механічних і вакуумних елементів. Застосування таких комбінованих захоплюючих пристроїв дозволяє забезпечити надійне захоплення та утримання упаковок шляхом збільшення сили утримання за рахунок комбінації сили тертя та вакууму, що дає можливість збільшувати вагу виробу та якість його утримання. Конструкція таких пристроїв є більш вживаною та малодослідженою.

Таблиця 1. Класифікація комбінованих захоплювальних пристроїв

Тип руху ступок	Наявність приводу	Кількість приводів	Конструкція затискного механізму	Кількість рухомих ступок	Схема захоплюючого пристрою
Зворотно-поступальний	приводний	1	Важільно-магнітний зі знімними губками круглої форми	2	
Зворотно-поступальний	приводний	1	Важільно-вакуумний зі знімними губками	2	
Зворотно-поступальний	приводний	2	Важільно-вакуумний зі знімними губками	2	
Коливальний	приводний	1	Важільно-магнітний з накладними губками та підтримуючим елементом	1	
Коливальний	приводний	1	Рейково-важільно-вакуумний зі знімними губками	2	
Коливальний	приводний	2	Важільно-вакуумний зі знімними губками	2	

Дослідження технологічної операції переміщення упаковок захоплювальними пристроями показав, що по виду руху їх можна умовно розділити на три групи (рис. 1).

Перша група характеризується послідовністю виконання вертикального підйому упаковок до кінцевої точки по висоті та її переміщення в горизонтальній площині.

Друга група характеризується частковою послідовністю виконання операцій. Так на першому етапі відбувається операція підйому до певної висоти. Далі настає другий етап, додатково виконується операція переміщення в горизонтальній площині. Другий етап характеризується комбінованою схемою переміщення.

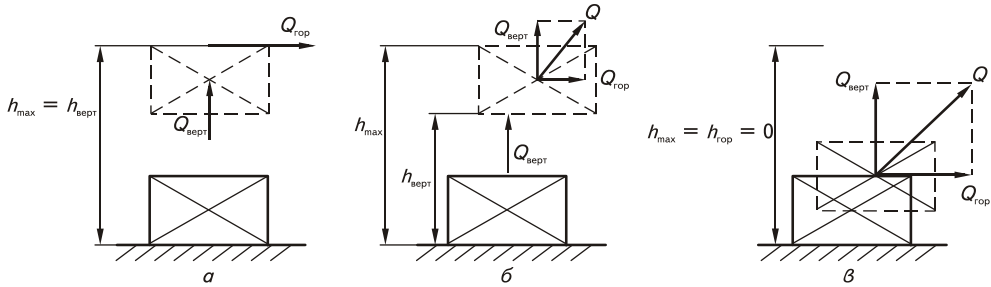


Рис. 1. Схеми операцій переміщення упаковок захоплювальними пристроями:

- а) — підйом упаковки з подальшим переміщенням її в горизонтальній площині; б) — частковий підйом упаковки до висоти $h_{\text{верт}}$ з подальшим комбінованим переміщенням; в) — комбіноване переміщення упаковки, яке забезпечується одночасним рухом у вертикальній та горизонтальній площинах

Третя група характеризується комбінованою схемою переміщення, яка реалізується уже на початку руху упаковки і характеризується одночасним рухом у горизонтальній і вертикальній площині [3], [4]. Напрямок вектора переміщення залежить від величини прискорення у вертикальній та горизонтальній площині. Сучасні механізми можуть забезпечувати їх зміну за попередньо заданим законом руху, що дозволяє на початку руху надати перевагу вертикальному прискоренню, а потім горизонтальному. Пристрої зі складним рухом найпоширеніші за застосуванням, так як мають суттєву перевагу по зменшенню часу технологічного циклу переміщення упаковок.

Розглянемо задачу, коли комбінований захоплювальний пристрій, до складу якого входять вакуумний та механічний захоплювачі, переміщує упаковку по схемі рис. 1, в.

В залежності від схеми розташування губок пристрою відносно напрямку переміщення можливі дві схеми закріплення захоплювального пристрою.

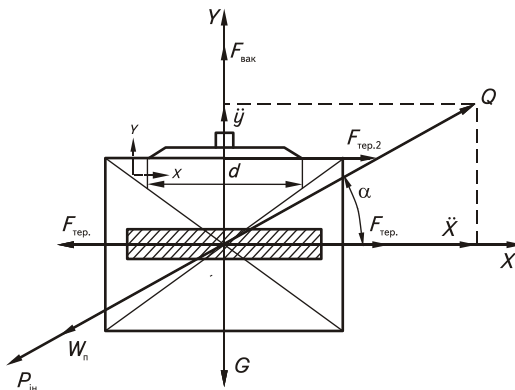


Рис. 2. Схема дії сил в процесі переміщення комбінованим захоплювальним пристроєм у випадку, коли напрям руху упаковки направлений паралельно губкам механічного пристрою захоплення

При першій схемі напрям переміщення направлений паралельно губкам механічного захоплювального пристрою (рис. 2). При цьому, на упаковку під час переміщення з боку вакуумної присоски та губок діють наступні сили: $N_{\text{утр}}$ — сила утримання комбінованим захоплюючим пристроєм; $F_{\text{тер}1}$ — сили тертя ковзання між упаковкою та губками механічного захоплюючого пристрою. Одночасно на упаковку додатково діють сили, які прагнуть відірвати або зрушити її відносно захоплювального пристрою. Це сила інерції J_i та сила опору W_v повітря.

При другій схемі напрям переміщення направлений перпендикулярно губкам механічного захоплювального пристрою (рис. 3).

З рис. 2 для першої схеми переміщення упаковок комбінованим захоплювальним пристроєм закон руху має вигляд:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = N_{\text{утр}}^x \cos \alpha - W_n \cos \alpha \\ m\ddot{y} = N_{\text{утр}}^y \sin \alpha - W_n \sin \alpha - G \end{cases} \quad (1)$$

де $N_{\text{утр}}$ зусилля утримання упаковки комбінованим захоплювальним пристроєм.

З іншої сторони величина зусилля утримання залежить від експлуатаційних параметрів кожного із захоплюючих елементів:

$$N_{\text{утр}}^x = 2 \cdot [N_p^x] \cdot f + (P_a - P_b + P_1) \cdot \mu, \quad (2)$$

$$N_{\text{утр}}^y = 2 \cdot [N_p^y] \cdot f + (P_a - P_b + P_1) \cdot S \quad (3)$$

де $[N_p]$ — допустиме розрахункове зусилля тиску губок механічного захоплюючого пристрою на стінки упаковки, Н; f — коефіцієнт тертя між матеріалом упаковки та матеріалом губок; P_a — атмосферний тиск, Па; P_b — тиск всередині порожнини вакуумного захоплюючого пристрою, Па; P_1 — падіння тиску, яке відбувається через пористу структуру пакувального матеріалу, Па; μ — коефіцієнт тертя між кромкою присоски та упаковою; S — ефективна площа захвату, яка характеризується межами контакту присоски з виробом, м². Прийmemo умову, що прискорення упаковки є величиною змінною, а переміщення відбувається за заданим законом руху. Тоді задавшись видом закону руху, визначимо допустиме розрахункове зусилля від губок механічного захоплюючого пристрою на стінки упаковки в площинах x та y :

$$\begin{cases} [N_p^x] = \frac{W_n \cos \alpha + m\ddot{x} - (P_a - P_b + P_1)\mu}{2f \cos \alpha} \\ [N_p^y] = \frac{W_n \sin \alpha + m\ddot{y} - (P_a - P_b + P_1)S + G}{2f \sin \alpha} \end{cases} \quad (4)$$

Загальне допустиме розрахункове зусилля визначаються як

$$[N_p] = \sqrt{[N_p^x]^2 + [N_p^y]^2}. \quad (5)$$

Для запобігання руйнуванню поверхні упаковок в місцях контакту з губками введемо обмеження тиску у вигляді допустимого значення для даної марки пакувального матеріалу. Тоді умова збереження товарного виду упаковки має вигляд

$$[N_p] / F < [N_{\text{таб}}], \quad (6)$$

де F — площа контакту губок механічного захоплюючого пристрою; $[N_{\text{таб}}]$ — табличне допустиме зусилля на одиницю площі поверхні для даного матеріалу упаковки.

За другим способом захоплення, напрям переміщення упаковки перпендикулярний губкам механічного захоплюючого пристрою (рис. 3).

Такий спосіб захоплення упаковок передбачає зменшення зусилля утримання за рахунок компенсації дії на неї сил відриву по вісі x губками механічного пристрою захоплення. Так як відрив упаковки в напрямку вказаної вісі неможливий в рівнянні руху він не враховується.

Методика визначення допустимого зусилля аналогічна вище наведеній послідовності. Кінцеве рівняння допустимого зусилля губок на стінку упаковки для даної технологічної схеми має вигляд:

$$[N_p] = \frac{W_n \sin \alpha + m\ddot{y} - (P_a - P_b + P_1)S + G}{2f \sin \alpha}. \quad (7)$$

Отримане значення перевіряється умові зберігання товарного виду упаковки за рівнянням (6).

Розглянемо найбільш складний випадок технологічного процесу, коли вакуумний пристрій не захопив упакову, а переміщення упаковки з пористого матеріалу відбувається лише механічним захоплювальним пристроєм. В такому випадку система керування відключає вакуум, а зусилля утримання перерозподіляється на механічний пристрій. Кінцеве рівняння не залежить від способу захоплення і визначається як:

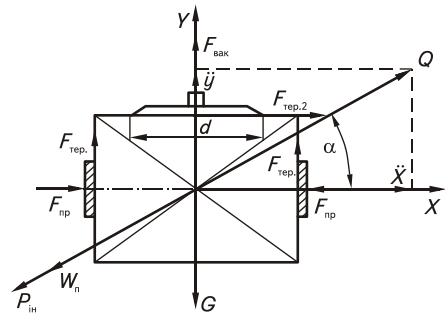


Рис. 3. Схема дії сил в процесі переміщення комбінованим захоплювальним пристроєм у випадку, коли напрям руху упаковки направлений перпендикулярно губкам механічного захоплюючого пристрою

$$[N] = \frac{W_n + ma + G}{2f}. \quad (8)$$

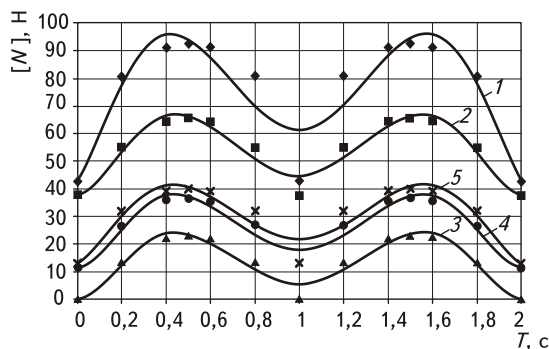


Рис. 4. Графік зміни допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим, вакуумним і механічним захоплювальними пристроями від часу при різних схемах переміщення (закон руху — синусоїдальний, максимальне переміщення упаковки по осі $X = 1,2$ м, максимальне переміщення упаковки по осі $Y = 1,5$ м, початковий час переміщення упаковки $t_n = 0$ с, кінцевий час $T_k = 2$ с, $\Delta t = 0,2$ с: 1 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим захоплювальним пристроєм по першій схемі переміщення; 2 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим захоплювальним пристроєм по другій схемі переміщення; 3 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки механічним захоплювальним пристроєм по першій схемі переміщення; 4 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки механічним захоплювальним пристроєм по другій схемі переміщення; 5 — залежність допустимого зусилля утримання упаковки вакуумним захоплювальним пристроєм

зокрема, та збереження їх товарного вигляду за рахунок можливості розподілення зусилля утримання між захоплюючими елементами. Так різниця в зусиллі захоплення при однакових умовах переміщення між комбінованими та вакуумними захоплювальними пристроями становить до 56,76 %, а між комбінованими і механічними до 60,1 %. Отримані результати можна рекомендувати для практичного використання під час виконання проектних розрахунків та визначенні виду захоплювального пристрою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання: перспективи розвитку // Харчова і переробна промисловість. — 2009. — Квітень-травень. — С. 28 — 30.
2. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання. Обладнання для обробки транспортних пакетів. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2006. — 96 с.
3. Беспалько А.П., Валіулін Г.Р. Пристрої для вкладання пляшок в транспортну тару // Упаковка. — 2008. — № 4. — С. 44 — 46.
4. Новиков Б.М. Автоматы для извлечения бутылок из ящиков и укладки их в ящики. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 110 с.
5. Соколенко А.И., Южно М.И., Ковалев А.И. и др. Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции на линиях розлива пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 175 с.

З рівняння (8) видно, що величина допустимого зусилля губок на упаковку в механічних захоплювальних пристроях не залежить від пористості матеріалу упаковки.

Результати аналітичних досліджень по розробленим моделям представлено у вигляді графіка рис. 4, як функціональну залежність допустимого зусилля утримання упаковки комбінованим і механічним захоплювальними пристроями від часу при різних схемах переміщення: I схема — рис.2; II схема — рис. 3.

Таким чином для реалізації переміщення упаковок захоплювальними пристроями був вибраний синусоїдальний закони руху для вертикальної та горизонтальної площин. Матеріал упаковки мав пористу структуру і характеризувався явищем повітропроникності. Розроблені математичні моделі дозволили аналітично визначено зусилля утримання упаковки комбінованим, механічним та вакуумним захоплювальними пристроями з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу, забезпечити надійне утримання упаковки та збереження її товарного вигляду.

Висновки. По результатам дослідження встановлено, що використання комбінованих захоплювальних пристроїв забезпечує більш надійне утримання упа-

В статье рассматривается возможность использование комбинированных захватывающих устройств в упаковочных комплексах для операций групповой упаковки. Разработанная математическая модель для определения основных кинематических и динамических параметров таких конструкций учитывает физико-механические характеристики упаковочных материалов, что дает возможность ограничить усилия удерживания и сохранить товарный вид упаковок. Для уменьшения времени операций перемещения упаковок рассмотрен случай реализации заданного закона движения захватывающим устройством и определено его влияния на усилия удерживания упаковок. Сделан сравнительный анализ усилий удерживания упаковок вакуумными, механическими и комбинированными захватными устройствами. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых конструкций комбинированных захватывающих устройств в оборудовании для групповой упаковки.

Ключевые слова: групповая упаковка, усилия удержания, воздухопроницаемость, комбинированные захватывающее устройства.

M. Yakimchuk

The development of choice methods for the main parameters of combined gripping devices while designing group packaging equipment

The article discusses the possible use of combined gripping devices in packaging systems for group packaging operations. The analysis of the devices designs is presented as a classification of designs in question.

A mathematical model has been developed to estimate the basic kinematic and dynamic parameters for abovementioned designs, taking into account the physical and mechanical properties of packaging materials, which allows for the limitation of the holding effort and preserving the marketable look of the packaging. To reduce the time it takes to move packages the case is presented where a predetermined law of movement is implemented by a gripping device, and its impact on holding effort is calculated. A comparative analysis of the packaging holding effort for the vacuum, mechanical and combined gripping devices is also presented in the article. The results can be used to develop new designs of the combined gripping devices in the group packaging equipment.

Key words: Group packing, retention, breathability, combined an exciting device.

Одержана редколлегією 15.04.2013 р.

Ю.Г. ЗМІЄВСЬКИЙ,
В.Г. МИРОНЧУК

Національний університет харчових технологій

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗАТОРІВ

Проаналізовано конструктивні особливості електродіалізаторів з метою підбору ефективної конструкції, що може застосовуватись для знесолення рідких харчових середовищ. Зроблено висновок, що найкраще у харчовій промисловості застосовувати електродіалізатори, в яких передбачена періодична зміна полярності електродів, а також конструкція, що унеможлиблює концентрування в одній камері сполук, здатних утворювати важкорозчинні з'єднання. Результати досліджень можуть бути використані при підборі електродіалізатора для знесолення рідких харчових середовищ.

Ключові слова: електродіалізатор, електродіалізна установка, конструктивні елементи

На сьогодні для знесолення рідких харчових середовищ (молочна сироватка, виноматеріали тощо) та концентрування мінеральних речовин у водних розчинах все частіше застосовують процес електродіалізу. Конструктивне оформлення електродіалізатора і його елементів впливає на ефективність та швидкість знесолення, енерговитрати тощо. З метою виявлення найкращих технічних рішень, авторами був проведений аналіз патентної інформації, щодо конструктивних особливостей найбільш привабливих, з практичної точки зору, електродіалізаторів.

До складу більшості конструкцій входять наступні елементи: притискні плити, електроди, катіонітові та аніонітові мембрани, між якими розміщуються прокладки. Останні обмежують розміри камер, які за функціональним призначенням можна поділити на камери концентрування, ділюватні (або камери знесолення) та електродні. Всередину камер закладаються сітки-турбулізатори, а якщо прокладки виготовляють методом лиття чи штамповки, то, як правило, в них вбудовані елементи, що виконують функцію турбулізаторів потоку. За рахунок цього зменшується товщина дифузійного шару, покращується конвективний потік іонів до поверхні мембран, зменшується ймовірність утворення осаду [1].

Якщо електродіалізатор розділити на послідовно з'єднані секції, в яких поступово зменшується кількість камер і, відповідно, загальна площа поперечного перерізу каналів, то швидкість розчину буде зростати на тому етапі процесу, коли степінь знесолення досягне заданого рівня. Це дозволяє підтримувати значення концентраційної поляризації практично на одному рівні по всій довжині робочих каналів електродіалізатора, знизити ймовірність утворення осаду на мембранах [2].

Зменшити втрати напору дозволяє циліндрична форма електродіалізатора [3]. За таких умов, мембрани, між якими розміщуються прокладки, завертають у вигляді рулону з однаковою кількістю витків і закріплюють всередині корпусу фіксаторами. Електроди намотують на котушки, між якими розміщуються робочі камери.

Для спрощення конструкції та підвищення надійності герметизації камер, корпус електродіалізатора можна зробити монолітним, а колектори для вводу та виводу розчину, розмістити між стінками корпусу та пакетом іонообмінних мембран [4]. За такої конструкції потоки будуть направлені перпендикулярно один до одного, вісь електричного струму буде вертикальною. Набір відповідних прокладок, розміщених між мембранами, забезпечить надходження розчину у відповідні

камери, тобто з колектору, в який надходить дилуат, розчин може потрапити лише у дилуатні камери, і так само з концентратом. Герметичність між колекторами забезпечується шляхом заливання швидкотвердіючого матеріалу (герметика) по кутах камери по всій висоті корпусу.

Для спрощення збирання електродіалізатора іонообмінні мембрани можна виконати у формі неперервних стрічок, що огинають перфоровані перегородки, а катіонітові мембрани повернути на 90° відносно аніоніонових [5].

З метою зменшення осадоутворення на поверхні іонообмінних мембран, автори роботи [6] вихідну воду послідовно направляли в анодну, дилуатні та катодну камери. За рахунок анодного окислення на електроді, розчин підкислявся, що збільшувало розчинність солей жорсткості, катодне окислення — нейтралізувало рН обробленої води. Густина струму підтримували такою, щоб у камерах концентрування було значення $\text{pH} \leq 3$. Зафіксовано, що за рахунок відсутності осаду, питомі енерговитрати знижуються майже вдвічі, а продуктивність зростає практично у 6 разів в порівнянні з прототипом.

Регулювання рН можна здійснювати за допомогою біполярних мембран, які генерують іони H^+ та OH^- . Якщо між парою катіонітових та аніонітових мембран, що утворюють дилуатні камери, розмістити біполярну мембрану, то в одних камерах концентрування буде $\text{pH} > 11$, а в інших $\text{pH} < 3$ [7].

Заповнення дилуатних камер іонообмінними та сорбційними матеріалами також забезпечує високий рівень демінералізації при зменшених енерговитратах [8]. Авторам роботи [9] вдалось отримати воду кондиції дистилляту при заповненні міжмембранного простору поліамфолітами АНКБ-35 та АНКБ-50 та кондиції бідистилляту при заповненні камер знесолення поліамфолітами АНКФ-21.

Для зменшення негативного впливу гумусових речовин на процес електродіалізу доцільно [10] першу дилуатну камеру засипати катіонообмінною смолою та пористим сорбентом, що містить аніонообмінні функціональні групи, наступні — катіоно- та аніонообмінною смолою. За даними авторів, це дозволяє, збільшити ресурс роботи установки у 2 — 3 рази, в порівнянні з прототипом, до моменту зниження якості обробленої води.

Якщо на поверхні мембран зробити заглиблення сферичної форми діаметром 0,8 — 0,9 та глибиною 0,1 — 0,2 від товщини прокладок та помістити у ці заглиблення гранули іонообмінної смоли діаметром 0,8 — 0,9 від товщини прокладок, то можна збільшити продуктивність установки вдвічі, скоротивши питомі витрати енергії у 2,5 рази [11].

Для уникнення формування осаду на поверхні мембран, досить часто використовують «переполюсовку» (зміну умовного напрямку електричного струму). Таким чином дилуатні камери, через заданий проміжок часу, починають виконувати функцію камер концентрування. При цьому розчин, що знесолюється, направляють у сусідні камери електродіалізатора, щоб продовжити процес демінералізації. Далі цикл повторюється. Незважаючи на складність управління процесом за таких умов та збільшення загальної довжини трубопроводів, цей спосіб найбільш поширений на практиці, адже дозволяє «вимивати» осад, що почав формуватись на поверхні мембран [12].

Введення додаткових дилуатних камер, через які подається розчин, вільний від малорозчинних сполук, а також створення камер концентрування непроточними, дозволяє уникнути відкладання нерозчинного осаду на мембранах. Це досягається за рахунок концентрування сполук, здатних утворювати осад, у різних камерах, при цьому можна отримати розчин електроліту з концентрацією солей 80 — 120 г/дм³ [13].

З метою зменшення втрат електричного струму, при демінералізації розбавлених розчинів, камери концентрування доцільно робити непроточними. Пази, що відводять концентрат, робляться в прокладці та розташовуються у нижній частині, при цьому вони не мають виходу з камери і заблоковані мембранами [14]. За рахунок електроосмотичного перенесення іонів та їх гідратних оболонок, об'єм розчину так само, як і тиск у камері, збільшується. Нижня частина прокладок, розташованих у дилуатних камерах, мають форму, яка дозволяє мембрані під дією тиску відхилитись та відкривати отвір. Через цей отвір видаляється надлишок концентрату, стікаючи у ємність, що розміщується під електродіалізатором.

Для забезпечення рівномірного розподілу потоку, в рамці на вході та виході з камер розміщують гребінки по всій ширині, розмір впадин яких збільшується по мірі віддалення від

отвору, через який подається розчин [15]. Якщо установка періодичної дії, то можна пригальмувати процес формування осаду на іонообмінних мембранах шляхом відключення електричного струму і видалення розчину з ділюатних камер на проміжок часу, що складає 5 – 20 % від часу демінералізації [16]. Незважаючи на простоту, цей спосіб не отримав широкого розповсюдження внаслідок низької продуктивності установки, яка працює за таким принципом.

Висновки. На основі проведеного аналізу зроблено наступні висновки:

1. Поступове зменшення загальної площі поперечного перерізу каналів разом з інтенсифікацією процесу підвищує напір на вході в електродіалізатор до 0,3 – 0,4 МПа. При цьому зростання швидкості потоку сприяє зменшенню степені демінералізації за один прохід розчину, що пояснюється його нетривалим перебуванням у робочій камері.

2. Циліндрична форма електродіалізатора непридатна для харчової промисловості, бо вихідний розчин подається у всі камери одночасно і, лише, на виході розділяється на концентрат та ділюат. Це означає, що тільки половина рідини буде знесолена та направлена на подальшу обробку. Також недопустимий контакт харчових середовищ з електродами, адже продукти електродного окислення включають небезпечні для людини елементи, такі як Cl_2 , H_2 тощо.

3. Використання герметиків, клеїв та подібних речовин для герметизації камер електродіалізатора недоцільно, тому що вони ускладнюють розбирання установки при профілактичних роботах та візуальному огляді.

4. Конструкція електродіалізатора має забезпечувати максимально ефективне використання мембран, в зв'язку з їх високою вартістю.

5. В електродіалізаторах з біполярними мембранами надходження таких катіонів, як Ca^{2+} та Mg^{2+} в камери з лужним середовищем сприятиме утворенню важкорозчинних з'єднань ($Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ тощо) на поверхні мембран.

6. У якості міжмембранної засипки доцільно використовувати іонообмінні смоли, адже сорбенти дуже чутливі до початкової концентрації розчину, а також їх складно регенерувати.

7. За умов масового виробництва застосування електродіалізаторів, складання яких вимагає надзвичайно високої точності та багато кропіткої ручної праці, обмежене.

8. Досить складно забезпечити герметичність камер, коли підведення потоку відбувається по всій ширині камери, до того ж це зменшує електричний опір таких каналів, що збільшує відсоток неефективного використання електричного струму.

9. Уникнути формування осаду на поверхні мембран можна шляхом постійної зміни умовного напрямку електричного струму, а також за рахунок унеможливлення концентрування в одній камері сполук, здатних утворювати малорозчинні з'єднання. Такі конструкції є найбільш ефективними.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Заболоцкий В. И.* Перенос ионов в мембранах: научное издание / В.И. Заболоцкий, В.В. Никоненко. — М.: Наука, 1996. — 392 с.
2. *Пат. 1819155* Российская Федерация, МПК⁷ В 01 D 61/46. Электродиализатор / Каджая Т.А., Антадзе А.И., Балавадзе Э.М.; заявитель и патентообладатель Научно-производственное объединение «Пластмассы». — № 4880417/26; заявл. 11.10.90; опубл. 30.05.93, Бюл. № 20.
3. *А.с. 1797969* СССР, МКИ³ В 01 D 61/44. Электродиализатор / Н.И. Рукобратский, О.А. Смирнова, В.Г. Степанов (СССР). — №4879838/26; заявл.02.11.90; опубл.28.02.93, Бюл. № 8.
4. *Пат. 1834698* Российская Федерация, МПК⁷ В 01 D 61/46. Электродиализатор / Заболоцкий В.И., Деряво А.Ф.; заявитель и патентообладатель Кубанский госуларст. ун-т. — № 5013863/26; заявл.17.09.91; опубл.15.08.93, Бюл. № 30.
5. *А.с. 1643038* СССР, МКИ³ В 01 D 61/42. Электродиализатор / Н.Д. Волошин, Т.А. Кизымишина, В.Л. Игнатцова (СССР). — №4650357/26; заявл. 19.12.88; опубл. 23.04.91, Бюл. № 15.
6. *А.с. 1757725* СССР, МКИ³ В 01 D 61/44, 61/46. Способ снижения соледержания водных растворов и мембранный аппарат для его осуществления / И.Н. Медведев, В.П. Василевский, С.И. Гдалин (СССР). — № 4739305/26; заявл. 29.09.89; опубл. 30.08.92, Бюл. № 32.
7. *Пат. 2050176* Российская Федерация, МПК⁷ В 01 D 61/46, С 07 С 227/12. Электродиализатор / Письменский В.Ф., Письменская Н.Д., Сеничева М.А.; заявитель и патентообладатель Кубанский госуларст. ун-т. — № 5027664/26; заявл. 17.02.92; опубл. 20.12.95, Бюл. № 35.

8. Кастючик А.С. Деионизация воды электродиализом с ионообменными мембранами, гранулами и сетками / А.С. Кастючик, В.А. Шапошник // Сорбционные и хроматографические процессы. — 2009. — Т. 9. — Вып. 1. — С. 51 — 57.

9. Шапошник В.А. Обессоливание воды электродиализом с межмембранной засыпкой полиамфолитами / Применение электродиализа в мембранно-сорбционной технологии очистки и разделения веществ: всесоюз. совещание, 12 — 14 ноября 1984 г.: тезисы докл. — Черкассы, 1984. — С. 134 — 135.

10. Пат. 1834697 Российская Федерация, МПК⁷ В 01 D 61/44. Электродиализатор / Журавлев Б.Б.; заявитель и патентообладатель Журавлев Б.Б. — № 5024711/26; заявл.30.01.92; опубл.15.08.93, Бюл. № 30.

11. Пат. 2056912 Российская Федерация, МПК⁷ В 01 D 61/44. Многокамерный электродиализатор / Истошин Г.Н., Заболоцкий В.И.; заявитель и патентообладатель Инновационное предприятие «Мембранная технология». — № 93021494/26; заявл. 23.04.93; опубл. 27.03.96, Бюл. № 9.

12. Turek M. High efficiency electrodiolysis of concentrated calcium sulfate and calcium carbonate solutions / M. Turek, P.Dydo, J. Was / Desalination. — 2007. — V. 205. — P. 62 — 66.

13. Пат. 86529 У Украина МПК⁶ А 23 С 9/144. Електродіалізатор / Змієвський Ю.Г., Мирончук В.Г., Українець А.І., Кучерук Д.Д., Грушевська І.О.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. № а200714012; заявл. 13.12.2007; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 8.

14. А.с. 1029458 СССР, МКИ³ В 01 D 61/50. Электродиализатор / В.К. Егоров, Н.Е. Ермолаев, В.И. Демкин (СССР). — № 3223909/26; заявл. 29.12.80; опубл. 30.03.92, Бюл. № 12.

15. А.с. 1611368 СССР, МКИ³ В 01 D 61/42. Многокамерный электродиализатор / М.Г. Бакланов, Е.Ф. Пантелеев, И.П. Плешивцев (СССР). — № 4319458/23-26; заявл. 26.10.87; опубл. 07.12.90, Бюл. № 45.

16. А.с. 1166376 СССР, МКИ³ В 01 D 61/44. Способ опреснения соленых вод / Б.С. Троянкер (СССР).— № 3561362/26; заявл. 01.03.83; опубл. 30.06.93, Бюл. №24.

Проанализированы конструктивные особенности электродиализаторов с целью подбора эффективной конструкции, которая может использоваться при обессоливание растворов пищевых сред. Сделан вывод, что наиболее подходящими для применения в пищевой промышленности являются электро-диализаторы, в которых предусмотрена периодическая смена полярности электродов, а также конструкция, в которой вещества, способные образовывать труднорастворимые соединения, концентрируются в разных камерах. Результаты исследований могут быть использованы при выборе электродиализатора для обессоливания растворов пищевых сред.

Ключевые слова: электродиализатор, электродиализные установки, конструктивные элементы.

YU. Zmievskiy, V. Myronchuk

Analysis of structural features electrodiolizers

The structural features of elektrodializers were analyzed in order to select an efficient design which can be used for desalination of liquid food medias. The elektrodializers which were studied: elektrodializers with multiple sections, each with different number of cells; elektrodializers with monolithic construction body; elektrodializers with membranes installed without cutting; elektrodializers with bipolar membrane; elektrodializers with intermembrane backfil; elektrodializers with perforated membrane; elektrodializers with non circulating cells of concentration and others. It has been concluded that it is better to use elektrodializers with periodic change of electrodes polarity in the food industry, as well as designs of elektrodializers preventing concentration of compounds forming insoluble compositions in one cell. The research results can be used in selection of elektrodializers for desalination of liquid food medias.

Key words: elektrodializers, electrodiolysis design, structural features.

Одержана редколегією 15.05.2012 р.

УДК 621.798

**К.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ,
В.Й. ЛЕНЗІОН,
Д.В. МАВРОДІ,
І.Н. ДІДИК**

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРИВОДІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ЗБІЛЬШЕНИХ ВАНТАЖНИХ ОДИНИЦЬ З НЕЛІНІЙНОЮ СИСТЕМОЮ ПІДВІСКИ

Досліджено динаміку приводів машин для розвантаження збільшених вантажних одиниць за умов нелінійної системи підвіски. Складено і розв'язано рівняння руху мас. Дано рекомендації щодо застосування нелінійних моделей.

Ключові слова: динаміка, підвіска, жорсткість, навантаження.

Останнім часом посилюється тенденція використання пакет-піддонних технологій на ділянках перевезень склотари від заводів-виготовлювачів до заводів-споживачів.

Складовою частиною транспортно-технологічних систем виробництва на яких здійснюється робота із склотарою мають бути пристрої для розформування пакет-піддонів. Структурна побудова такого обладнання має передбачати вузли позиціювання збільшених вантажних одиниць, захоплювальні головки, механізми вертикальних і горизонтальних переміщень, вузли розформування масивів виробів і утворення з них однорядних, дворядних або багаторядних потоків. Розв'язання проблем швидкодії та підвищення пропускної здатності обладнання лежить на шляху компромісів у виборі кінематичних і динамічних параметрів.

Відомо, що робота таких пристроїв характеризується наявністю перехідних процесів на початку та при завершенні переміщень вантажів на вертикальних і горизонтальних ділянках. Піднімання вантажів здійснюється найчастіше в режимах ударного навантаження. До факторів, які визначають цю силову дію, належать маса вантажів, швидкість переміщення, зведена жорсткість системи підвіски. Оскільки маса вантажів визначає разом зі швидкістю пропускну здатність обладнання, то лише жорсткість залишається параметром, яким можна варіювати. Щоб досягти помітних впливів, до складу системи підвіски включають додатково пружні елементи.

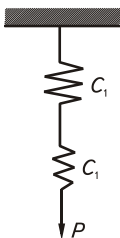


Рис. 1. Схема до визначення приведеної жорсткості підвіски

Проте таке додавання супроводжується перетворенням системи підвіски в таку, що характеризується як низькочастотна, оскільки частота власних коливань для двомасових моделей прямо пропорційна жорсткості в ступені 0,5. Зауважимо, що низькочастотні системи є слабозатухаючими і треба вирішувати завдання примусового гасіння коливань.

Зменшення жорсткості системи підвіски захоплювальних головок не може не впливати на динаміку перехідних процесів на ділянці опускного руху вантажів, а тому виникає потреба в ретельному розгляді таких процесів.

Перехідні процеси на ділянці опускного руху при постійній жорсткості підвіски розглянуто і описано детальніше в роботах [1, 2].

Розглянемо випадок, коли послідовно з тросом чи ланцюгом, довжина яких змінюється, у підвіску встановлюється додатковий пружний елемент (рис. 1). Тоді

© К.В. Васильківський, В.Й. Лензіон, Д.В. Мавроді, 2013

$$C_{12} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}, \quad (1)$$

де C_1 — жорсткість троса чи ланцюга в підвісці головки, Н/м; C_2 — жорсткість пружного елемента, Н/м; C_{12} — приведена жорсткість системи, Н/м.

Жорсткість C_2 на всіх етапах навантаження підвіски залишається постійною, але величина C_1 змінюється в міру опускання захоплювальної головки з вантажами. У випадку, коли пружного елемента немає, маємо $C_{12} = C_1$ і тоді зміна C_{12} за час взаємодії може бути достатньо відчутною.

Зупинимося детальніше на цьому випадку, розрахункову схему якого наведено на рис. 2. На схемі показано барабан 1, трос 2 та захоплювальну головку 3 з вантажем. Нехай початковому положенню відповідає довжина l_0 троса. Нагадаємо, що жорсткість троса визначається за виразом

$$C_1 = \frac{EF}{l}, \quad (2)$$

де E — модуль пружності матеріалу троса, Па; F — приведена площа поперечного перерізу троса, м²; l — довжина троса, м.

При опусканні троса захоплювальної головки довжина троса становитиме

$$l = l_0 + x_2 \quad (3)$$

і тоді отримуємо наступні параметри приведеної жорсткості,

$$C_1 = \frac{EF}{l_0 + x_2} = C_{12}, \quad (4)$$

Позначимо $EF = C_{\text{п}}$, тоді

$$C_{12} = \frac{C_{\text{п}}}{l_0 + x_2}. \quad (5)$$

Що стосується законів руху ведучої маси, то на практиці можна реалізувати, наприклад, закон з постійною швидкістю або косинусоїдальний закон.

Для першого закону можна записати систему рівнянь

$$\begin{aligned} x_1 &= V_1 t; \\ m_2 \ddot{x}_2 &= m_2 g - C_{12} (x_2 - x_1) = m_2 g - \frac{C_{\text{п}}}{l_0 + x_2} (x_2 - x_1), \end{aligned} \quad (6)$$

де g — прискорення вільного падіння, м/с².

Здійснивши підстановку x_1 , виконаємо перетворення

$$\ddot{x}_2 = g - \frac{x_2 C_{\text{п}}}{m_2 (l_0 + x_2)} + \frac{C_{\text{п}} V_1 t}{m_2 (l_0 + x_2)}. \quad (7)$$

Одержане рівняння руху нелінійне, і його аналіз здійснимо з використанням чисельних методів. Розрахунки виконаємо з такими значеннями параметрів:

$$m_2 = 200 \text{ кг}; \quad V_1 = 0,2 \text{ м/с}; \quad l_0 = 0,3 \text{ м}; \quad g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

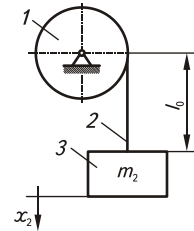


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення змінного значення C_{12}

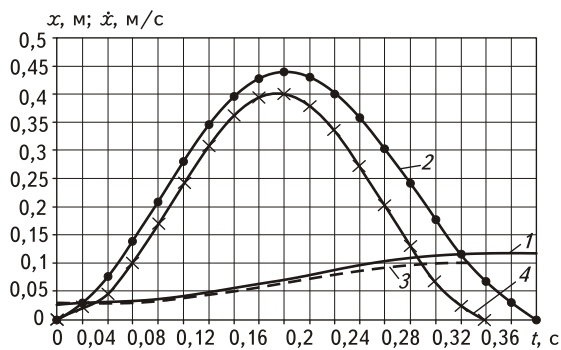


Рис. 3. Графіки зміни переміщень (1 і 3) та швидкостей (2 і 4) відповідно для нелінійної та лінійної моделей для випадку $C_n = 20000H$

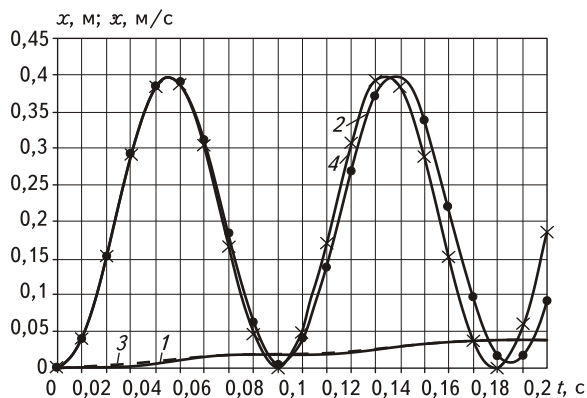


Рис. 4. Графіки зміни переміщень (1 і 3) та швидкостей (2 і 4) відповідно для нелінійної та лінійної моделей для випадку $C_n = 300000H$

Оцінимо вплив величини C_n , змінюючи її в певному діапазоні:

$$C_n = 20000 \text{ та } 300000 \text{ Н.}$$

Метою розрахунків є визначення переміщень x_2 , яким відповідає значення швидкості $\dot{x}_2 = 0$. Результати розрахунків показані на рис. 3 і 4.

Як бачимо, існує певна різниця в значеннях $\Delta x_{(k)}$ для лінійної та нелінійної моделей. Ця різниця зменшується зі збільшенням величини C_n , і очевидно, що суттєву роль при цьому має значення маси m_2 . Тому можна зробити певний висновок, що для низькочастотних систем похибка лінійної та нелінійної моделей зростає і оскільки нелінійна модель точніше відображає фізичну суть явищ, то вона має бути пріоритетною в таких розрахунках. Це тим більш доцільно, що навіть системи з жорсткими підвісками за рахунок великих мас можуть перетворюватись у низькочастотні.

Висновки. Одержані результати розрахунків дають змогу підтвердити доцільність використання нелінійних моделей при розрахунку приводів для піднімання вантажів в обладнанні для розформування збільшених вантажних одиниць, особливо для систем з обмеженими значеннями приведених жорсткостей C_n , оскільки вони наблизять можливість реалізації безударного вкладання вантажів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Погрузочно-разгрузочное и транспортное оборудование в перерабатывающей промышленности*: Справ. / А.И. Соколенко, И.И. Сторижко, В.П. Ярьско и др. — К.: Урожай, 1990. — 152 с.
2. *Модельовання процесів пакування*: підручник / Соколенко А.І., Васильківський К.В., Шевченко О.Ю. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 272 с.

Исследована динамика приводов машин для расформирования укрупненных грузовых единиц при условии использования модели с нелинейной подвеской. Составлены и рассчитаны уравнения движения. Даны рекомендации для использования нелинейных подвесок.

Ключевые слова: динамика, подвеска, жесткость, нагрузка.

K. Vasilkovsky, V. Lenzion, D. Mavrodi

Research dynamics of drive unloading equipment enlarged cargo units with nonlinear suspension system

Raise cargo carried in modes of shock loading. The factors that determine the effect of this force include mass transport, speed of movement, reduced stiffness of

the suspension. Since the mass transport determines together with speed capacity of equipment, only stiffness is a parameter that can be varied. Reducing the stiffness of the suspension gripping head can not affect the dynamics of transients in the area standpipe movement of goods.

Dynamics drives of machines for unloading equipment enlarged cargo units under condition nonlinear system of a suspension bracket is investigated. The equations movement of weights are made. The recommendations till uses of nonlinear models are given.

The results of calculations allow to confirm the feasibility of using nonlinear models in the calculation of the reasons for lifting loads in equipment for dissolution increased cargo units, especially for systems with limited values of reduced stiffness.

Key words: dynamics, pendant, inflexibility, loading.

Одержана редколегією 25.03.2013 р.

УДК 678.02

К.М. ДОРОНІНА,

А.І. ВОЛЧКО

Національний університет харчових технологій, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ІНФРАЧЕРВОНОГО НАГРІВАННЯ НА ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРНОЇ УПАКОВКИ МЕТОДОМ ТЕРМОФОРМУВАННЯ

Нагрівання матеріалу є однією з найбільш тривалих та відповідальних операцій у процесі термоформування упаковки. Застосування інфрачервоних випромінювачів значно прискорює виробничий процес та підвищує економічну ефективність. В цій статті розглянуто показники, які впливають на рівномірне нагрівання матеріалу і коротку методику розрахунку критерію рівномірності нагрівання матеріалу.

Ключові слова: інфрачервоне нагрівання, термоформування, рівномірність розподілу температури, одностороннє нагрівання, двостороннє нагрівання.

Існує загалом чотири способи нагрівання: конвективний, теплорадіаційний, контактний та змішаний. Конвективне нагрівання дає змогу отримати найкращі результати з точки зору рівномірності нагрівання, але теплорадіаційне нагрівання (нагрівання інфрачервоними випромінювачами) знижує тривалість циклу формування упаковки [1].

ІЧ-випромінювачі використовуються, наприклад, при виготовленні упаковки з полімерних матеріалів методами термоформування та інжекційно-видувного формування. При такому променевому впливі та наступній термообробці відбувається швидка фіксація форми упаковки. Діапазон температур, при яких матеріал має підвищену пластичність, так би мовити, губиться. При виборі нагрівача слід враховувати, що зі збільшенням потужності нагрівального елемента зростає інтенсивність випромінювання та скорочується довжина хвилі. Максимальна робоча температура поверхні випромінювачів складає 800 – 900 °С.

Метод нагрівання ІЧ-випромінювачами повинен задовольняти наступним вимогам [2]:

– матеріал повинен бути нагрітий до оптимальної температури формування рівномірно по всій площині;

– різниця між температурами з обох сторін листа повинна бути мінімальною;

– час нагрівання повинен бути якомога меншим, але надлишкового нагрівання матеріалу слід уникати через ризик термодеструкції полімеру;

– витрати енергії потрібно скорочувати наскільки це можливо (бажано досягти температури процесу якнайшвидше, і тому потужність нагрівання повинна бути регульована).

Нерівномірне нагрівання призводить до виникнення в листі внутрішніх напружень, нерівномірного витягування і утворення складок та зморщок в готовому виробі. Для створення рівномірного температурного поля підвищують температуру периферійних ділянок нагрівача з метою компенсації теплових втрат в навколишнє середовище. Якщо площа листа, який нагрівається, перевищує 0,5м², то нагрівач повинен бути розділений на зони з індивідуальними регуляторами для диференційованого регулювання температури по всій поверхні листа. Допустимий перепад температур по поверхні листа становить $\pm (5 - 10) ^\circ\text{C}$.

© К.М. Дороніна, А.І. Волчко, 2012

По товщині листа слід уникати великої різниці температур, тому що така різниця дасть змогу отримати задовільні результати лише для найпростіших виробів. Якщо товщина листа не перевищує 2,5 мм, то матеріал можна нагрівати односторонньо, при товщині більше 2,5 мм та при нагріванні жорстких термопластів (полістирол, полікарбонат) рекомендується застосовувати двостороннє нагрівання листа [3]. Через невелику теплопровідність полімерів поверхня заготовки, яка звернена до ІЧ-випромінювача, розігрівається швидше, ніж внутрішні шари. Тому на поверхні заготовки можливе виникнення термічної деструкції, в той час як внутрішні шари матеріалу не встигають перейти зі склоподібного стану в високоеластичний. Найбільш вигідне застосування нагрівача при високих (понад 1000 К) температурах відзначається при нагріванні тонколистових термопластів. Товстолістові матеріали рекомендується нагрівати при менших температурах, щоб уникнути поверхневої термодеструкції.

Інтенсивність теплового потоку від нагрівача до заготовки, пропускна здатність якої дорівнює нулю, згідно закону Стефана-Больцмана для радіаційних нагрівачів визначається згідно формули

$$q = \bar{G}M(T_1^4 - T_2^4), \text{Вт/м}^2; \quad (1)$$

де \bar{G} — стала Стефана-Больцмана, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$; M — коефіцієнт променевипускання, T_1 і T_2 — температури відповідно нагріваючої та нагріваної поверхні, К.

Коефіцієнт променевипускання, в свою чергу, знаходять з формули

$$M = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \varepsilon_1 + \varepsilon_2}, \quad (2)$$

де ε_1 і ε_2 — ступінь чорноти відповідно нагріваючої і нагріваної поверхні.

Для одностороннього нагрівання заготовки температура на обігрівній поверхні визначається з формули

$$T_{\max} = T_0 + \frac{q\delta_{\text{зар}}}{\lambda} \left[\frac{\sigma\tau}{\delta_{\text{зар}}^2} + \frac{1}{3} - \frac{2}{\pi^2} \right], \quad (3)$$

а на необігрівній поверхні

$$T_{\min} = T_0 + \frac{q\delta_{\text{зар}}}{\lambda} \left[\frac{\sigma\tau}{q\delta_{\text{зар}}} - \frac{1}{6} - \frac{2}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} \exp\left(-\pi^2 n^2 \frac{\sigma\tau}{q\delta_{\text{зар}}}\right) \right], \quad (4)$$

де T_0 — початкова температура заготовки, К; $\delta_{\text{зар}}$ — товщина заготовки, м; λ — коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; σ — коефіцієнт температуропровідності, $\text{м}^2/\text{год}$; τ — час нагрівання, год; n — коефіцієнт, що характеризує час релаксації.

Для варіанту двостороннього нагрівання T_{\max} розраховується для зовнішніх поверхонь заготовки, а T_{\min} — для серединної поверхні, при цьому у рівняння (3) і (4) замість величини $\delta_{\text{зар}}$ підставляється значення $\delta_{\text{зар}}/2$.

В якості критерію рівномірності розподілу температури використовується наступний критерій

$$I_{\text{н}} = \frac{T_{\max} - T_0}{T_{\min} - T_0}. \quad (5)$$

Порівнюючи рівняння (3) і (4) можна записати

$$I_{\text{н}} = f\left(\frac{\sigma\tau}{\delta_{\text{зар}}^2}\right), \quad (6)$$

Даний метод розрахунку є найпростішим та найдоступнішим, але він не враховує нестационарний режим нагрівання заготовок та передбачає лінійний розподіл температур по товщині матеріалу.

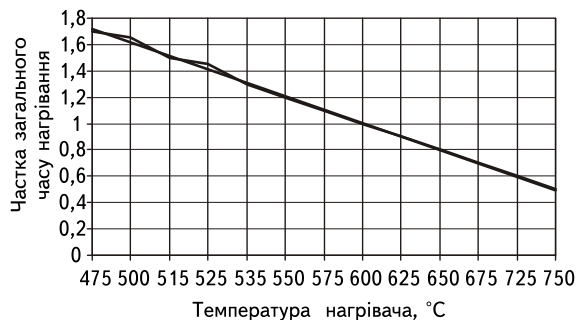


Рис. 1. Зміна часу нагрівання як функція температури нагрівального елемента для керамічних нагрівачів (час наведено в умовних частках, за одиницю прийнято час при відстані 200 мм та температурі нагрівачів 600 °C)

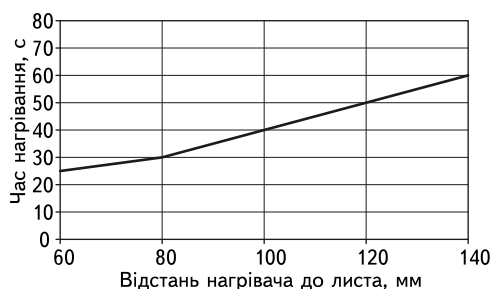


Рис. 2. Зміна часу нагрівання як функція відстані від нагрівального елемента до матеріала

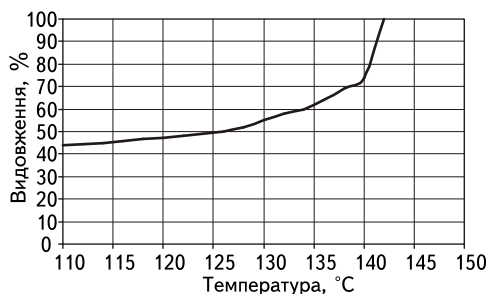


Рис. 3. Зміна видовження зразка з поліпропілену при різній температурі (навантаження 5 Н)

Висновки. Ступінь поглинання матеріалом інфрачервоного випромінювання залежить від типу матеріала, характеру його поверхні, структури, властивостей та частотної характеристики випромінювання. При виготовленні упаковки досягнення необхідної температури формування та її рівномірного розподілу по матеріалу відбувається шляхом регулювання багатьох факторів, зокрема часу нагрівання, температури випромінюючої поверхні, відстані від нагрівача до заготовки, вибору оптимальної форми випромінюючої поверхні нагрівача, розбивання нагрівачів на кілька зон при великій площі поверхні заготовки тощо.

До недоліків інфрачервоного нагрівання відноситься нерівномірність розподілу температури в матеріалі. Але застосування інфрачервоних випромінювачів значно прискорює виробничий процес та підвищує економічну ефективність. Тому використання інфрачервоних нагрівачів у процесах виготовлення полімерної упаковки є доцільним.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ефремов Н.Ф.* Тара и ее производство. Производство тары из полимерных пленок и листов: учеб. пособие / Николай Федорович Ефремов; Моск. гос. ун-т печати. — М.: МГУП, 2009. — 341 с. — ISBN 978-5-8122-1010-6.
2. *Шварцманн П.* Термоформование. Практическое руководство / П. Шварцманн, А. Иллиг; пер. с англ. М.А. Шерышев — СПб.: Профессия, 2009. — 288с. — ISBN 978-5-93913-117-9. — ISBN 3-446-21451-8 (Carl Hanser Verlag). — ISBN 1-56990-275-5 (Hanser Gardner Publications).
3. *Шерышев М.А.* Пневмо-вакуумформование / Михаил Анатольевич Шерышев. — СПб.: Профессия, 2010. — 192 с. — ISBN 978-5-91884-004-7.

Нагрев материала — одна из наиболее длительных и ответственных операций в процессе термоформования упаковки. Применение инфракрасных излучателей значительно ускоряет производственный процесс и повышает экономическую эффективность. В этой статье рассмотрены показатели, влияющие на равномерное прогревание материала и краткую методику расчета критерия равномерности нагревания материала.

Ключевые слова: инфракрасный нагрев, термоформование, равномерность распределения температуры, односторонний нагрев, двухсторонний нагрев.

K.M. Doronina, A.I. Volchko

Research the influence of parameters of infrared heating on the forming process of plastic packaging by thermoforming

The heating of material is one of the longest and most responsible operations in the process of thermoforming. Using infrared radiators can significantly speeds up the production process and increases economic effectiveness. Besides, infrared heat warms the environment less, than other types of heating. In this article are described indicators, that influence on the equal heating of material and short calculation of the indicator of uniformity of heating. By adjusting, for example, such parameters as temperature of the heating element, heating time, distance from the heater to the sheet for a specific material with prescribed thickness, it is possible to define the optimum values for the energy efficiency of thermoforming and the required quality of final products.

Key words: infrared heating, thermoforming, uniform temperature distribution, one-sided heating, two-sided heating.

Одержана редколлегією 13.04.2012 р.

УДК 621.87

**А.П. БЕСПАЛЬКО,
М.В. ЯКИМЧУК,
Г.Р. ВАЛІУЛІН,
М.І. ЮХНО**

Національний університет харчових технологій, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЕННЯ ПЕТ ПЛЯШОК МЕТОДОМ РІЗАННЯ З ОДНОЧАСНИМ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ГОРЛОВИНИ ТА ДНИЩА

Аналіз етапів переробки ПЕТ показує, що її частини відрізняються не тільки геометрією поверхні, а й ступенем орієнтації. Цей фактор суттєво впливає на властивості вторинного ПЕТ, тому завданням фахівців є створення обладнання, яке б могло відділяти горловину та днища ПЕТ — пляшки від середини з подальшим їх сортуванням. Використання різноманітних сумішей та композицій, до складу яких входить вторинний ПЕТ з різним ступенем орієнтації, дозволить удосконалити технологію і обладнання для вторинної переробки, а також збільшити номенклатуру та якість виробів з цих композицій.

Ключові слова: вторинний ПЕТ, обладнання для переробки ПЕТ, аморфні складові, подрібнення ПЕТ.

Оптимальним вирішенням проблеми рециклізації відходів з поліетилентерефталату (ПЕТ, ПЕТФ) в Україні є їх вторинна переробка. Таке застосування використаного ПЕТ економічно вигідно, може здійснюватись на вже існуючому обладнанні, сприяє розв'язанню проблем утилізації відходів, захисту довкілля та забезпеченню якісної вторинною сировиною.

З точки зору переробки ПЕТ у вигляді об'ємних виробів, різні її частини відрізняються не тільки геометрією поверхні, а й ступенем орієнтації. Останній фактор впливає на реологічні, механічні і теплофізичні властивості вторинного ПЕТ. Знання цих властивостей для різноманітних сумішей та композицій, до складу яких входить вторинний ПЕТ з різним ступенем орієнтації, дозволить не тільки удосконалити технологію і обладнання для вторинної переробки, але і збільшити номенклатуру та якість виробів з цих композицій. ПЕТ-пляшка, в залежності від структури полімеру умовно ділиться на дві частини — аморфну складову й орієнтовану складову. Аморфні складові — це частини пляшки, котрі не піддавались орієнтації під час видування в процесі виготовлення. До них відносяться горловина і днище. Вони мають ступінь кристалічності в межах від 8 до 16 %, є прозорими та під час нагрівання вище за 80 °C здатні кристалізуватися, змінюючи при цьому свій колір на білий. Температура плавлення аморфних складових досягає 248 — 254 °C. Слід відмітити, що аморфна складова більш придатна для вторинної переробки. Після її подрібнення утворюється матеріал з низьким вмістом забруднень та відсутністю адгезивів.

Аморфна складова за своїми властивостями наближається до первинної сировини для виготовлення ПЕТ пляшок.

Орієнтованою складовою вважається центральна частина пляшки, бічні стінки якої утворились внаслідок видування в преформі. Матеріал стінок як правило є двовісно-орієнтованим і має ступінь кристалічності в межах 35 — 45 %. Такий полімер залишається прозорим за умови тривалої термообробки, має значну питому поверхню та містить велику кількість адгезивів.

© А.П. Беспалько, М.В. Якимчук, Г.Р. Валіулін, М.І. Юхно, 2013

Під час вирішення проблем подрібнення ПЕТ — відходів важливою є інформація про їх фізико-технічні показники [1, 2]. Тому авторами були проведені дослідження властивостей різних типів відходів ПЕТ пляшок. Результати наведено в таблиці 1.

На сьогоднішній день найбільш характерним є подрібнення змішаних відходів ПЕТ-пляшок, які містять від 40 до 70 % аморфної складової, що суттєво знижує якісні характеристики вторинної сировини [3]. Перероблення окремо аморфної та орієнтованої складової передбачає додаткову операцію на їх сортування.

В залежності від розмірів частинок вихідного матеріалу та готового продукту процеси подрібнення поділяються на п'ять класів: велике, середнє, дрібне, тонке та колоїдне.

Подрібнення ПЕТ як правило здійснюється на роторних подрібнювачах. Але будова ПЕТ-пляшки не дає змоги отримувати під час подрібнення матеріал однорідної структури.

Таблиця 1. Властивості різних типів відходів ПЕТ-пляшок

Відходи	Показник текучесті розплаву, г/10хв	Розривне напруження, МПа	Подовження під час розриву, %
Подрібнені преформи	1,9 – 2,0	55 – 60	180 – 290
Аморфна складова	2,0 – 2,4	45 – 50	100 – 200
Орієнтована складова	2,8 – 6,0	34 – 45	5 – 23
Змішані	2,5 – 3,5	25 – 40	10 – 35
Змішані з пробками	2,5 – 4,0	23 – 37	35 – 45

Подрібнювачів які здатні ефективно сортувати та одночасно подрібнювати орієнтовані та аморфні частини ПЕТ-пляшки, наразі ще немає. Найкращий спосіб отримати на виході частинки однакового розміру та структури — це подати на подрібнення використану ПЕТ пляшку без горловини та днаща [4].

В даній роботі пропонується варіант конструкції подрібнюючого пристрою з одночасним відокремленням та сортуванням горловини, середини та днаща ПЕТ пляшки. Конструкція пристрою представлена на рис. 1

Пристрій працює таким чином. Використані пляшки 11 подаються через спеціальний канал 1 і упираються в барабан 3. Під час обертання барабана пляшки попадають між рядами контрножів 7 корпуса 1 і робочих ножів 5. Довжина барабана 3 менша за довжину корпуса 2. За допомогою ножів здійснюється різання пляшок. Виштовхувальні лопатки 6 допомагають спрямувати подрібнені частинки до виходу, при цьому горловина попадає в отвір 8, днаще — в отвір 9, а подрібнені частинки середини пляшки попадають в отвір 10.

Для якісного подрібнення пропонується оригінальні конструкції ножів та контрножів, які забезпечують надійну фіксацію пляшки в момент різання та частково компенсують дію осьових сил (рис. 2).

Процес різання ПЕТ пляшки проходить в декілька етапів. На першому етапі відбувається деформація пляшки під дією сил F_1 . Під час деформації пляшка приймає еліпсоподібну форму. Контакт ножа і поверхні пляшки відбувається по поверхні e (рис. 3).

Процес деформації пляшки відбувається до моменту, коли напруження в точці A не досягне свого критичного значення, що є умовою закінчення першого етапу.

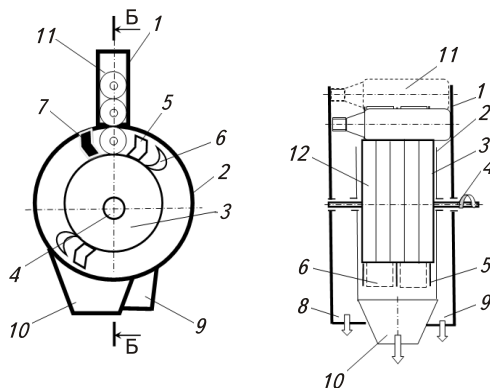


Рис. 1. Схема пристрою для подрібнення ПЕТ-пляшок з одночасним відокремленням та сортуванням днаща, середини та горловини

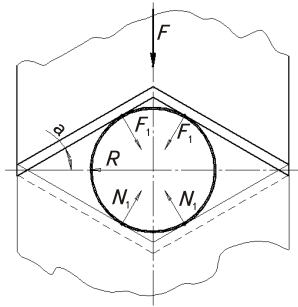


Рис. 2. Конструкція ножа та контрножа пристрою для подрібнення

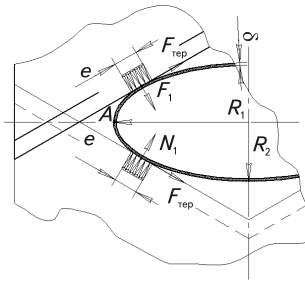


Рис.3. Схема сил, що діють на пляшку на першому етапі різання

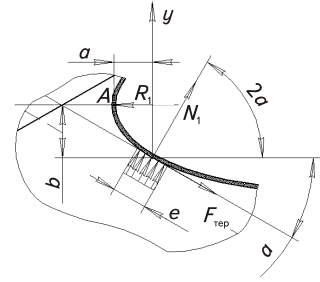


Рис. 4. Схема сил, що діють на елементарну ділянку пляшки в зоні контакту з лезом ножа

Для визначення величини даного напруження запишемо рівняння:

$$\tau_{зг}^A = \varepsilon \cdot E \leq [\sigma_{зг}], \quad (1)$$

де ε — видовження; E — модуль пружності матеріалу.

Видовження при цьому буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \delta / R, \quad (2)$$

де δ — товщина стінки; R — радіус еліпса.

Розглянемо елементарну ділянку поверхні пляшки в зоні контакту леза ножа та визначимо всі сили, які діють на поверхню пляшки (рис. 4).

Запишемо рівняння моменту згинання поверхні пляшки відносно точки A :

$$M_{зг}^A = N \cdot b \cdot \cos 2\alpha + N \cdot a \cdot \sin 2\alpha + F_{терп} \cdot b \cdot \cos \alpha - F_{терп} \cdot a \cdot \sin \alpha. \quad (3)$$

Сила тертя між ножом та пляшкою буде дорівнювати:

$$F_{терп} = N \cdot f, \quad (4)$$

де f — коефіцієнт тертя ножа з матеріалом; N — нормальне зусилля.

Підставляючи вираз 4 в рівняння 3, отримаємо:

$$M_{зг}^A = N(b \cdot \cos \alpha (2 \cos \alpha + f) + a \cdot \sin \alpha (2 \cos \alpha - f) - b). \quad (5)$$

З умови міцності матеріалу на згинання

$$G_{зг} = M_{зг} / W_{зг}, \quad (6)$$

де $W_{зг}$ — опір поперечного перерізу в точці A . Умовно приймемо, що поперечний переріз в зоні згинання має форму прямокутника. Тоді

$$W_{зг} = \delta \cdot e / 6, \quad (7)$$

де δ — товщина стінки; e — довжина контакту матеріалу з лезом ножа.

Підставимо в рівняння (5) формули (6) і (7) та визначимо N .

$$N = (\tau_{зг} \cdot \delta \cdot e) / 6(b \cdot \cos \alpha (2 \cos \alpha + f) + a \cdot \sin \alpha (2 \cos \alpha - f) - b). \quad (8)$$

Другий етап характеризується різанням стінки ПЕТ — пляшки (рис. 5).

Так як леза ножів мають певний кут нахилу, то сили під час різання діють з урахуванням даного кута

$$(F_1 + G_1 + F_{i1})\sin\alpha = 0, \quad (9)$$

де F — сила різання; G — сила адгезії, визначається як $G_1 = C + k_1(dy/dt)$; F_i — зусилля інерції, в нашому випадку визначається за формулою

$$F_{i1} = m\ddot{y} = m(d^2y / dt^2),$$

де m — приведена маса ножа та всіх рухомих частин приводу.

Підставивши значення адгезії та інерції в рівняння (9), після відповідних перетворень отримаємо систему рівнянь для визначення зусилля різання:

$$\left. \begin{aligned} F_1 + \left(C + k_1 \left(\frac{dy}{dt} \right) \right) + m \left(\frac{d^2y}{dt^2} \right) &= 0 \\ m \left(\frac{d^2y}{dt^2} \right) + k_1 \left(\frac{dy}{dt} \right) + C + F_1 &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

де $dy/dt = V_0$ — швидкість руху леза в момент початку занурення в матеріал, враховуючи початкові умови $t = 0, y = 0$, (де t — час на початок занурення ножа в матеріал, y — глибина занурення леза ножа в матеріал).

Розв'язавши систему рівнянь (10), отримаємо остаточне рівняння для визначення зусилля різання:

$$F = \frac{k_1 \frac{dy(t)}{dt} - e^{-k_1/m} \cdot (C + V_0 k_1) + C}{e^{-k_1/m_1} - 1} \quad (11)$$

де $\frac{dy(t)}{dt} = (V_{вх} + V_{вих}) / 2$ — швидкість руху леза; $V_{вх}$ — швидкість на початку занурення леза в матеріал; $V_{вих}$ — швидкість виходу леза ножа з матеріалу.

Для перевірки адекватності математичної моделі процесу різання була розроблена та виготовлена експериментальна установка (рис. 6).

Подачу стисненого повітря до робочих елементів експериментальної установки забезпечувалось за допомогою компресора з системою трубопроводів. Контроль тиску для рухомого ножа відбувалось за допомогою регулятора тиску 1. Система керування рухомого ножа (рис. 7) складалась із бістабільного розподільника 5/3, який забезпечує подачу повітря для відводу та підводу леза до ПЕТ-пляшки. Тиск вимірювався датчиком тиску з аналоговим сигналом 3 з передачею на АЦП. Переміщення штоку пневмоциліндра контролювалось датчиком переміщення з аналоговим сигналом 6 з передачею на АЦП. З АЦП сигнали в реальному часі вимірів перетворювались з аналогових в цифрові і надходили на ЕОМ, де були представлені у вигляді відповідних графіків (рис. 8).

Експерименти з визначення зусилля різання ПЕТ-пляшки проводились окремо для горловини, середини і днища пляшки.

За результатами аналітичних та експериментальних досліджень були отримані рівняння регресії:

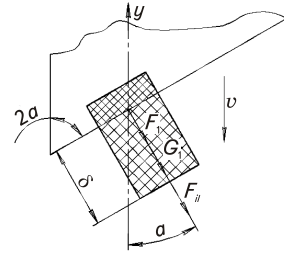


Рис. 5. Схема сил, які діють на лезо ножа на другому етапі різання

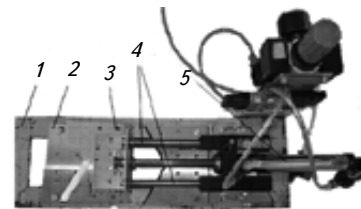


Рис. 6. Загальний вигляд експериментальної установки:

1 — рама; 2 — нерухомий ніж; 3 — рухомий ніж; 4 — напрямні; 5 — пневмоциліндр; 6 — датчик переміщення

для горловини ПЕТ-пляшки:

$$F = 168,4 + 8,8P - 102,6\delta - 1,6\alpha + 39,4P\delta + 0,08P\alpha - 8,3\delta\alpha + 0,6P\delta\alpha, \quad (12)$$

для середини ПЕТ-пляшки:

$$F = -391,9 + 103,7P + 1252,3\delta + 3,9\alpha - 187,5P\delta - 416P\alpha - 6,9\delta\alpha + 0,1P\delta\alpha, \quad (13)$$

для днища ПЕТ-пляшки:

$$F = 55,05 + 32,4P - 173,1\delta - 2\alpha + 35,2P\delta + 0,4P\alpha + 7,7\alpha - 1,4P\delta\alpha. \quad (14)$$

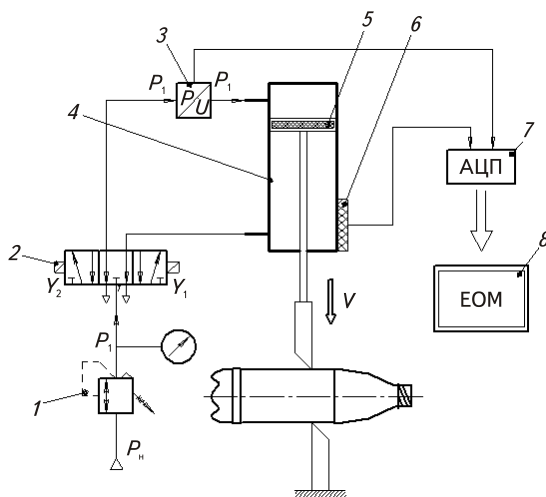


Рис. 7. Схема дослідної установки для визначення параметрів різання ПЕТ-пляшок: 1 — регулятор тиску; 2 — розподільник 5/3 бістабільний; 3 — датчик тиску аналоговий; 4 — пневмоциліндр двосторонньої дії з магнітним кільцем 5 на поршні; 6 — датчик переміщення аналоговий; 7 — перетворювач аналогових сигналів в цифрові; 8 — електронно-обчислювальна машина

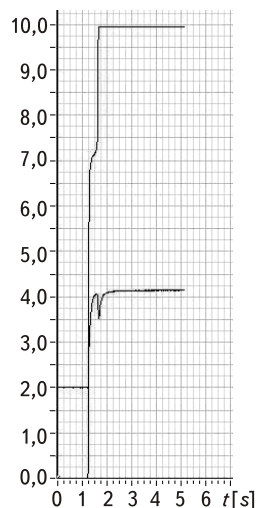


Рис. 8. Графік залежності зміни зусилля різання днища ПЕТ-пляшки та переміщення леза ножа від часу

Було встановлено, що серед факторів, які найбільш впливають на процес подрібнення, є товщина стінки ПЕТ-пляшки і кут заточки ножа. Різниця між коефіцієнтами в рівняннях регресії для різних частин пляшки пояснюється неоднорідністю структури матеріалу по довжині ПЕТ-пляшки. Експериментально доведено, що зусилля різання горловини та днища пляшки є суттєво більшим за зусилля різання середини.

Отримані результати досліджень можна використовувати під час розробки нових зразків обладнання для подрібнення ПЕТ пляшок шляхом різання з одночасним відокремленням горловини та днища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Огибалов П.М. Механика полимеров / П.М. Огибалов. — М.: Изд. МГУ, 1975. — 528 с.
2. Бартечев Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров / Г.М. Бартечев — М.: Химия, 1984. — 290 с.

3. *Бартенев Г.М.* Физика и механика полимеров / Г.М. Бартенев. — М.: Высшая школа, 1983. — 270 с.

4. *Косарев А.И.* Дробилки: конструкция, расчеты и особенности эксплуатации / А.И. Косарев, Ю.А. Муйзимнек. — М., 1990. — 320 с.

Анализ этапов переработки ПЭТ показывает, что ее части отличаются не только геометрией поверхности, но и степенью ориентации. Этот фактор существенно влияет на свойства вторичного ПЭТ, поэтому на данном этапе задачей специалистов является создание оборудования, которое могло отделять горловину и днища ПЭТ-бутылки от середины с последующей их сортировкой. Использование различных смесей и композиций, в состав которых входит вторичный ПЭТ с разной степенью ориентации, позволит усовершенствовать технологию и оборудование для вторичной переработки, а также увеличить номенклатуру и качество изделий из этих композиций.

Ключевые слова: вторичный ПЭТ, оборудование для переработки ПЭТ, аморфные составляющие, измельчения ПЭТ.

A.P. Bespalko, M.V. Iakymchuk, G.R. Valiulin, M.I. Yukhno
Research of shredding pet bottles by cutting with simultaneous separation of the neck and bottom

Analysis of PET processing steps shows that its parts differ not only in the surface geometry, but also in the orientation degree. That last factor significantly affects the rheological, mechanical and thermophysical properties of recycled PET. In this paper a design option grinding device with simultaneous separation and sorting of the neck, middle and bottom of PET bottle.

That is why at this stage, the task is to create professional equipment, which could separate the neck and bottom of PET-bottles from the middle with further sorting. In this paper a design option grinding device with simultaneous separation and sorting of the neck, middle and bottom of PET bottle. For quality chopping knives offer a unique design that provide secure fit bottles at the time of cutting and partially offset the effect of axial forces.

The usage of various mixtures and compositions comprising recycled PET with different orientation degrees will improve not only the technology and equipment for recycling, but also will increase the range and quality of products made from these compositions. As practice shows, the first achievements in this direction appear at the point of transformation of quantity into quality.

Key words: recycled PET, equipment for PET processing, amorphous components, PET grinding.

Одержана редколлегією 01.03.2013 р.

УДК 621.798.3

О.М. ГАВВА,
А.В. ДЕРЕНІВСЬКА,
Л.О. КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА

Національний університет харчових технологій

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПОХИБКИ ДОЗУВАННЯ СИПКОЇ ПРОДУКЦІЇ

В даній статті запропоновано зменшити динамічну складову похибки дозування при визначенні раціонального розташування зважувальної місткості у лінійних вагових дозаторах. Суттєве зменшення динамічної складової похибки дозування дає можливість підвищити продуктивність дозатора для сипкої продукції.

Ключові слова: сипка продукція, лінійний ваговий дозатор, точність дозування, похибка дозування, зважувальна місткість.

Сипка продукція займає значну частку від загального обсягу продукції, що підлягає пакуванню в споживчу тару. Зважаючи на велику її різноманітність за структурно-механічними властивостями для дозування застосовують як об'ємні, так і вагові способи формування дози [1, 2].

Сьогодні, на вітчизняному ринку, серед обладнання для пакування сипкої продукції у споживчу тару домінують лінійні вагові дозатори. Цей факт викликаний тим, що для таких дозаторів є оптимальним співвідношення між вартістю, точністю дозування і продуктивністю. Безумовно, існують більш продуктивні дозувальні системи, що забезпечують значно вищу точність дозування. Поряд із цим вартість композиційних дозаторів на порядок більша, а тому їх застосування має дещо обмежений характер. Таким чином, прогнозовано у ближчі роки є розробка новітніх зразків лінійних вагових дозаторів.

Вдосконаленням дозаторів передбачається скорочення часу на розроблення конструкції та дослідження їх характеристик на основі комплексного підходу до проектування. За основний критерій ефективності дозаторів доречно приймати точність дозування. За значенням точності дозування, розробник декларує метрологічні характеристики дозатора для конкретних видів сипкої продукції.

У загальному вигляді структуру сучасного вагового дозатора для сипкої продукції можна навести сукупністю окремих елементів, кожний з яких виконує окремі функції операції дозування (рис. 1). Сипка продукція безперервно або періодично подається у приймальний бункер 1, звідки живильником 2 (транспортна система) відбирається і переміщається до місткості 3, де формується доза. Вага продукції, що набирається у місткості 3, вимірюється датчиком ваги 4 і контролюється системою керування 5. В сучасних зразках пакувального обладнання система керування 5 включає контролер та аналогово-цифровий перетворювач.

При наблизненні маси продукції, яка знаходиться у зважувальній місткості до величини заданої дози, система керування 6 переводить транспортну систему 2 і регульовану заслінку 7 в бункері 1 у режим повільної контролюваної подачі. При досягненні заданої дози зупиняє транспортну систему.

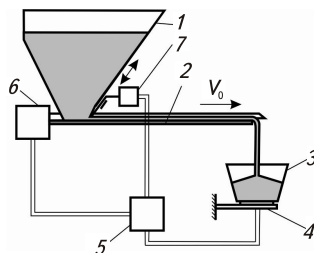


Рис. 1. Структурна схема вагового дозатора для сипкої продукції

© О.М. Гавва, А.В. Деренівська, Л.О. Кривопляс Володіна, 2013

Конструювання і дослідження лінійних вагових дозаторів для сипкої продукції передбачає оцінювання їх метрологічних характеристик і шляхів підвищення точності і продуктивності. Важливо визначити технологічні фактори, що впливають на точність дозування, та їх взаємозв'язок. Похибка дозування є важливим параметром по відношенню до продуктивності дозатора, його структури, компоновочної схеми, конструкційних виконань окремих елементів.

У науковій праці [3] виділено три типи похибок і відповідно три джерела похибок дозування. Перший тип похибок — дрейфовий, який характеризується пусковими режимами дозатора. Зменшують до мінімуму цей вид похибок за рахунок введення затримок між вмиканням і початком дозування. Другий тип похибок — статичний, який обумовлюється похибкою датчиків, неточністю виконання конструктивних елементів зважувальної системи, тощо. Цей тип похибок складає десять частки від величини дози. Третій вид похибок — динамічний, який викликаний перехідними процесами в тензодатчиках під час падіння продукції в зважувальну місткість. Для її зменшення потрібні додаткові часові витрати (встановлення фільтрів запрограмованих для визначення середнього значення ваги), що в свою чергу зменшує продуктивність дозатора.

Динамічна похибка має дві складові: режимну і власну. Режимна похибка залежить від швидкості подачі продукції, пропускного каналу живильника тощо. Власна похибка обумовлена особливостями сипкої продукції і її взаємодії з робочими органами дозатора. Зменшити її конструктор практично не може. А тому основною складовою похибки дозування є режимна похибка.

Авторами досліджень [3] встановлено, що основними заходами по зниженню режимної похибки дозування є:

- збільшення відносної частки тривалості досипання;
- зменшення швидкості руху продукції під час швидкого і повільного наповнення зважувальної місткості;
- зменшення прохідного перерізу живильника при різних режимах наповнення зважувальної місткості;
- зменшення зазору між нижньою кромкою бункера і робочою поверхнею живильника;
- застосування спеціальних заходів по стабілізації шару продукції (багатоступеневе віброуцілювання, згладжування щітками, регулювання поперечного перерізу каналу бункера тощо);
- стабілізація тиску продукції в бункері на робочий елемент живильника.

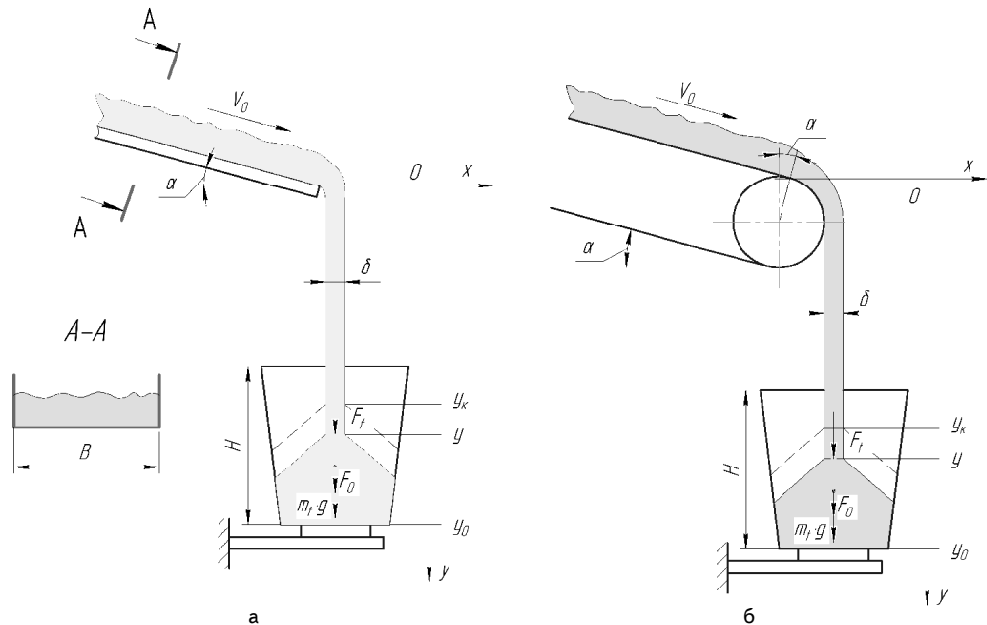


Рис. 2. Схема навантаження датчика вимірювання ваги зважувальної місткості з продукцією для: а — дозатора з вібраційним живильником; б — для дозатора з стрічковим живильником

Поряд із наведеними заходами на погляд авторів цієї статті, важливим компонентом підвищення точності дозування і продуктивності є раціональне розташування зважувальної місткості відносно робочого органу живильника.

А тому метою проведених досліджень було визначення раціонального розташування зважувальної місткості відносно робочого органу живильника при різних конструкційних виконаннях живильника.

Для визначення раціонального розташування зважувальної місткості прийнято такі припущення: сипка продукція — незв'язна, дрібнофракційна, переміщення якої в зважувальну місткість можна розглядати за законами гідравліки; інтенсивність подачі продукції живильником є сталою величиною.

Для більшості лінійних вагових дозаторів застосовують вібраційні та стрічкові конвеєри, які розташовують горизонтально та під кутом до горизонту.

У процесі набору дози продукції датчик вимірювання ваги навантажується як сталими масами, так і змінною масою продукції, яка подається у зважувальну місткість [4].

Повне зусилля на датчик ваги F_y визначається сумою сталого статичного і змінного динамічного навантаження (рис. 2).

$$F_y = F_c + F_d, \quad (1)$$

де F_c — статичне навантаження на датчик від ваги зважувальної місткості; F_d — повне змінне навантаження від продукції, що подається у зважувальну місткість.

Контроль процесу формування дози продукції у зважувальній місткості зводиться до вимірювання повного змінного навантаження F_d , яке визначається сумою миттєвої ваги продукції, що знаходиться у зважувальній місткості, і динамічного тиску від продукції, що подається у місткість:

$$F_d = m_t \cdot g + F_t, \quad (2)$$

де m_t — поточне значення маси продукції у зважувальній місткості, $0 \leq m_t \leq M_d$; M_d — задана маса дози; g — прискорення вільного падіння; F_t — динамічний тиск потоку продукції на зважувальну місткість.

Поточне значення величини маси продукції у зважувальній місткості визначається:

$$m_t = P \cdot t = B \cdot \partial \cdot c \cdot V_0 \cdot t, \quad (3)$$

де P — інтенсивність подачі продукції живильником; t — тривалість операції дозування, $0 \leq t \leq t_k$; t_k — час формування заданої дози M_d ; B — ширина потоку продукції, що подається живильником; ∂ — висота шару продукції на живильнику; c — насипна питома маса продукції; V_0 — швидкість робочого органу живильника.

Значення $m_t \cdot g$ визначає наявну кількість продукції у зважувальній місткості. І тому після припинення подачі продукції живильником датчик ваги буде сприймати навантаження:

$$F_y = F_c + m_t \cdot g, \quad (4)$$

де F_0 — навантаження від дії кількості продукції, що знаходиться в стані переміщення у зважувальну місткість після зупинки живильника.

Формування і зважування дози здійснюється в часі, а тому основною складовою загального навантаження на датчик ваги, що буде впливати на точність зважування, є динамічний тиск потоку продукції на зважувальну місткість.

Величину динамічного тиску від потоку продукції на зважувальну місткість можна визначити за формулою:

$$F_t = P \cdot V_y = B \cdot \partial \cdot c \cdot V_0 \cdot V_y, \quad (5)$$

де V_y — швидкість переміщення потоку продукції в момент її контакту з продукцією, яка вже знаходиться в зважувальній місткості.

Значення F_t відображає зовнішнє навантаження на датчик ваги, але воно не відображає реальну кількість продукції, що переміститься у зважувальну місткість, після зупинки живильника. Для забезпечення відповідності цих навантажень потрібно щоб:

$$F_t = F_c = m_0 \cdot g, \quad (6)$$

де m_0 — маса продукції, що знаходиться у стані переміщення після зупинки живильника.

Якщо допустити, що зважувальна місткість заповнюється сипкою продукцією на $(2/3) H$, то:

$$y_0 = y_k + (2/3) H, \quad (7)$$

де y_0 — рівень розташування зважувальної місткості відносно робочої поверхні живильника; y_k — кінцеве значення рівня шару заданої дози продукції в мірній місткості, відносно робочої поверхні живильника; H — висота зважувальної місткості.

Для компоновки дозатора з вібраційним живильником (рис. 2, а) та з врахуванням прийнятних припущень швидкість переміщення потоку продукції в момент її контакту з продукцією, яка вже знаходиться в зважувальній місткості становить:

$$V_y = \lambda \cdot ((V_0 \cdot \sin \alpha)^2 + 2 \cdot g \cdot (y + 0,5 \cdot \delta))^{0,5}, \quad (8)$$

де λ — аеродинамічний коефіцієнт опору повітря потоку продукції; α — кут нахилу живильника до горизонту; y — поточне значення рівня шару продукції, що перемістилась в мірну місткість, відносно робочої поверхні живильника.

За незначних значень δ формулу (8) можна навести у вигляді:

$$V_y = \lambda \cdot ((V_0 \cdot \sin \alpha)^2 + 2 \cdot g \cdot y)^{0,5}. \quad (9)$$

Підставивши формулу (9) у вираз (5) одержимо:

$$F_t = P \cdot V_y = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot V_0 \cdot \lambda \cdot ((V_0 \cdot \sin \alpha)^2 + 2 \cdot g \cdot y)^{0,5}. \quad (10)$$

Маса продукції, що знаходиться у стані переміщення після зупинки вібраційного живильника визначається формулою:

$$m_0 = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot y. \quad (11)$$

З використанням рівнянь (6), (10) та (11) після спрощення отримаємо:

$$y = \lambda \cdot V_0^2 \cdot \{\lambda + [(\lambda^2 + \sin^2(\alpha))]^{0,5}\} / g. \quad (12)$$

На завершальному етапі формування дози (досипання) можна вважати, що $y = y_k$, тоді:

$$y_k = \lambda \cdot V_0^2 \cdot \{\lambda + [(\lambda^2 + \sin^2(\alpha))]^{0,5}\} / g. \quad (13)$$

Рівень розташування зважувальної місткості відносно робочої поверхні переміщення продукції вібраційним живильником знаходиться з використанням формули (7):

$$y_0 = \lambda \cdot V_0^2 \cdot \{\lambda + [(\lambda^2 + \sin^2(\alpha))]^{0,5}\} / g + (2/3)H. \quad (14)$$

Порядок проведення математичного моделювання для визначення раціонального розташування зважувальної місткості в дозаторі з стрічковим живильником (рис. 2, б) аналогічний.

Швидкість переміщення потоку продукції в момент її контакту з продукцією, яка вже знаходиться в зважувальній місткості знаходиться за формулою:

$$V_y = \lambda \cdot (V_0^2 - 2 \cdot g \cdot (R \cdot \cos \alpha - y - 0,5 \cdot \delta))^{0,5}, \quad (15)$$

де R — радіус приводного барабану стрічкового живильника.

За незначних значень δ формулу (15) приведено до вигляду:

$$V_y = \lambda \cdot (V_0^2 - 2 \cdot g \cdot (R \cdot \cos \alpha - y))^{0,5}. \quad (16)$$

Підставивши формулу (16) у вираз (5) одержимо:

$$F_t = P \cdot V_y = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot V_0 \cdot \lambda \cdot (V_0^2 - 2 \cdot g \cdot (R \cdot \cos \alpha - y))^{0,5}, \quad (17)$$

Маса продукції, що знаходиться у стані переміщення після зупинки вібраційного живильника визначається формулою:

$$m_0 = B \cdot \rho \cdot \delta \cdot (y - R + 0,25 \cdot (\pi - 2 \cdot \alpha) \cdot (2 \cdot R + \delta)). \quad (18)$$

З використанням рівнянь (6), (17) та (18) на завершальному етапі формування дози (досипання) після спрощення отримаємо:

$$y = y_k = (\lambda \cdot V_0^2 / g + R - \pi \cdot (0,5\pi - \alpha) / (2\pi) \cdot (\delta + 2R) + \dots + \lambda \cdot V_0 \cdot [V_0^2 \cdot (1 + \lambda^2) - 2 \cdot g \cdot (0,5\pi - \alpha) / (2\pi) \cdot (\delta + 2R) + \dots + 4g \cdot R \cdot \sin^2(0,5\alpha)]^{0,5} / g. \quad (19)$$

Рівень розташування зважувальної місткості відносно робочої поверхні переміщення продукції стрічковим живильником знаходиться з використанням формули (7):

$$y_0 = (\lambda \cdot V_0)^2 / g + R - \pi \cdot (0,5\pi - \alpha) / (2\pi) \cdot (\delta + 2R) + \dots + \lambda \cdot V_0 \cdot [V_0^2 \cdot (1 + \lambda^2) - 2 \cdot g \cdot (0,5\pi - \alpha) / (2\pi) \cdot (\delta + 2R) + \dots + 4g \cdot R \cdot \sin^2(0,5\alpha)]^{0,5} / g + (2 / 3) \cdot H. \quad (20)$$

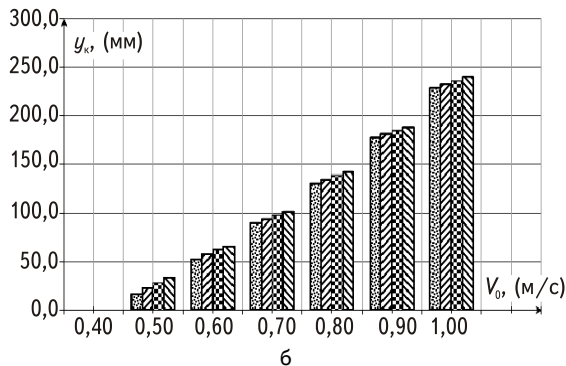
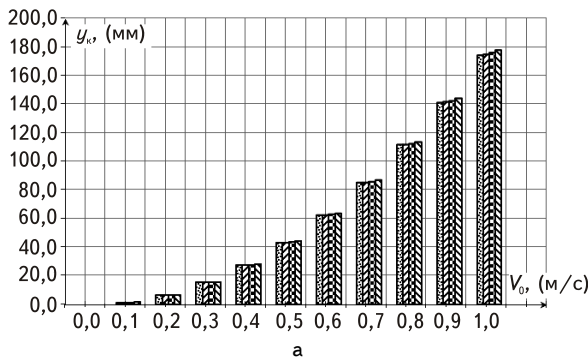


Рис. 3. Зміна значення раціонального розташування зважувальної місткості від швидкості переміщення продукції а) вібраційним, б) стрічковим живильником при різних їх розташуваннях відносно горизонту:

1. $\alpha = 0^\circ$; 2. $\alpha = 5^\circ$; 3. $\alpha = 10^\circ$; 4. $\alpha = 15^\circ$

Відповідно до формули (14, 20) основним параметром, що визначає раціональне розташування зважувальної місткості відносно робочої поверхні переміщення продукції живильником, є швидкість руху продукції в момент її сходження з несучої площини живильника. В свою чергу швидкість руху продукції в момент сходження з робочої поверхні живильника в значній мірі залежить від конструкції та компоновки живильника.

Для вихідних даних, що відповідають реально діючим зразкам лінійно вагових дозаторів, за формулами (14, 20) побудовані графіки зміни значення раціонального розташування зважувальної місткості відносно швидкості переміщення продукції живильником та кута нахилу робочого органу живильника до горизонту.

Висновки. У результаті виконаних досліджень встановлено:

— зменшити до мінімуму вплив однієї із складових динамічної похибки дозування можна за рахунок раціонального розташування зважувальної місткості;

— одним із технічних рішень для регулювання положення зважувальної

місткості відносно поверхні робочого органа живильника може бути встановлення зважувальної системи на приводні рухомі напрямні за допомогою яких здійснюється відповідне керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гавва О.М.* Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2008. — 436 с.
2. *Каталымов А.В.* Дозирование сыпучих и вязких материалов / А.В. Каталымов, В.А. Любартович. — Л.: Химия, 1990. — 240 с.
3. *Овчаренко А.И.* Погрешность дозирования сыпучих продуктов / Овчаренко А.И., Середа А.Д., Шапиро М.В. // Упаковка. — 2007. — № 1. — С. 44 — 47.
4. *Масло М.А.* Вдосконалення вагових дозаторів / Масло М.А. // Упаковка. — 2003. — № 28. — С. 29.

В данной статье предложено уменьшить динамическую составляющую погрешности дозирования сыпучей продукции путем определения рационального расположения взвешивающей емкости в линейных весовых дозаторах. Существенное уменьшение динамической составляющей погрешности дозирования способствует повышению производительности дозатора для сыпучей продукции.

Ключевые слова: сыпучая продукция; линейный весовой дозатор; точность дозирования; динамическая погрешность дозирования; взвешивающая емкость.

**O.M. Gavva, A.V. Derenivska,
L.O. Krivoplyas-Volodina**

Ways of diminishing dynamic error dosage component for granular products

Linear of gravimetric dosing unit prevail at the equipment domestic market for packing granular products into consumer package today. Improvement of methodology of dosing unit is foresee reduction time for development new dosing unit and research their characteristics on the basis of the comprehensive engineering. For the basic criteria of efficiency metering devices appropriately to accept exactness dosages.

In this article brought the dynamic constituent dosage error for granular products by means of research results of determination rational location of weigher capacity in gravimetric dosing unit. Considerable decrease in dynamic constituent dosage error will assist to increase in dosing unit productivity for granular products.

Key words: granular products; linear gravimetric dosing unit; exactness of dosage; dynamic dosage error; weigher capacity.

Одержана редколлегією 13.03.2013 р.

УДК 664.126.43:681.51

М.С. ГЛУЩЕНКО,
Н.М. ЛУЦЬКА

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАЗОВИХ ТРАЄКТОРІЙ ПРИ ПОБУДОВІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ УТФЕЛЬНИМ ВАКУУМ-АПАРАТОМ

В роботі досліджується технологічний об'єкт управління — варка утфелю в вакуум-апараті періодичної дії як об'єкт оптимізації. Визначено фазовий простір для моделювання фазових траєкторій та за результатами моделювання обрано один з напрямків подальшого синтезу оптимального керування процесом варки утфелю — синергетична або прикладна теорія управління.

Ключові слова: вакуум апарат, процес кристалізації, синергетика, прикладна теорія керування, фазовий простір, фазова траєкторія.

Складні технологічні об'єкти керування є нелінійними, динамічними, множинними, складаються з великої кількості елементів, які взаємодіють між собою та зовнішнім середовищем. Існують два альтернативних підходи до побудови системи керування складними технологічними об'єктами: прикладна теорія та синергетична теорія. На відміну від загально визнаного методу теорії керування, який для переведення системи з одного стану в інший використовує інтенсивні зовнішні дії, синергетичний підхід відшукує як завгодно малі дії на систему, що можуть спонукати її до самоорганізації, виникнення потрібних внутрішніх процесів [1].

Для розв'язання задачі аналізу та синтезу оптимальної системи керування вакуум-апаратом при будь-якому підході необхідна математична модель об'єкта. Відомі різні математичні моделі вакуум-апаратів [2, 3], що можуть бути побудовані у вигляді загальної моделі процесу варки утфелю або окремих складових цього процесу. Процес варіння утфелю є складним, розділений на стадії: згущення сиропу, кристалізації та уварювання утфелю.

Постановка задачі — визначити фазовий простір системи, в якому досліджується процес варки утфелю; шляхом моделювання довести, що даний процес при деякій взаємодії між змінними втрачає стійкість, а фазові траєкторії мають при цьому біфуркаційний характер; визначити напрямки подальших досліджень для побудови оптимального системи керування утфельним вакуум апаратом, використовуючи один з підходів — синергетичний або прикладний.

Для вирішення вказаної задачі була обрана математична модель утфельного вакуум-апарату [2], а саме стадії заведення та нарощування кристалів (II стадія), яка має наступний вигляд:

$$\begin{cases}
 a_7 \frac{dt_{cm}}{d\tau} = \alpha_1 t_n + \alpha_2 t_y - (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot t_{cm}, (V_H \rho_H C_y + S_o \Delta h \rho_y C_y) \frac{dt_y}{d\tau} = \\
 = \alpha_2 S_{cm, x} (t_{cm} - t_y) + G_{cn} C_{cn} t_{cn} - 1,05 W_H i_y'' + (r_k \frac{K_p}{100} - C_y t_y) (G_{cn} - W_H) + \\
 + \frac{P_y}{100} (V_H + S_o \Delta h) \times (r_k + C_M t_y - C_k t_y) S_o \rho_y \frac{d(\Delta h)}{d\tau} = \\
 = [1 + (3,45 + 0,04 C_{B_y} - 0,0025 t_y) (C_{B_y} - C_{B_{cn}}) / \rho_y] G_{cn} - \\
 - [1 + (3,45 + 0,04 C_{B_y} - 0,0025 t_y) C_{B_y} / \rho_y] \cdot W_H, \rho_y (V_H + S_o \Delta h) \frac{dC_{B_y}}{d\tau} = \\
 = C_{B_y} W_H - (C_{B_y} - C_{B_{cn}}) G_{cn}, \frac{\theta^n}{n} \tau^{1-n} \frac{dK_p}{d\tau} = K_{p_m} - K_p.
 \end{cases} \quad (1)$$

де K_p, K_{pM} — поточний та максимальний вміст кристалів цукру відповідно, %; n — коефіцієнт форми кінетичної кривої, який змінюється в залежності від доброякісності утфелю $Дб_y$; θ — постійна часу, год; τ — тривалість процесу, год; $СВ_y$ — вміст сухих речовин в утфелі, %; a_7 — постійна часу ємності стінки, год; r_k — теплота випаровування, Дж/(К·кг); $СВ_{СП}$ — масовий вміст сухих речовин в сиропі, який підкачується, %; $S_{ст.ж}, S_a$ — площа поверхні нагріву відповідно з боку пари і рідини, м²; t_y, t_n, t_{cm} — температури сиропу, пари в гріючій камері та

стінки нагріву відповідно, °С; i_y'' — ентальпія парової фази парорідинної суміші, кДж/кг; W_i — швидкість випаровування води, кг/с; α_1, α_2 — коефіцієнти тепловіддачі відповідно від гріючої пари до стінки та від стінки труб до киплячого утфелю кВт/м²; Δh — гідростатичний рівень, м; V_H — початковий об'єм утфелю в апараті, м³; ρ_H, ρ_y — відповідно початкова густина сиропу та густина утфелю, кг/м³; C_y, C_M — питомі масові теплоємності утфелю, матеріалу, з якого виготовлений апарат, ; $G_{СП}$ — витрата сиропу, який підкачується, кг/год.

Для визначення α_1, α_2 та використані формули [2]:

$$\alpha_1 = (t_n + t_n^2)(t_n - t_{cm})^{-0,25},$$

$$\alpha_2 = 0,9279(126 - СВ_y - 0,26K_p)(100 - K_p)^{-1} \rho_{\delta}^{0,84} (t_{cm} - t_y)^{1,33} (t_y + 273)^{-1,49} \times$$

$$\times (t_y - t_{\delta})^{-0,84} \cdot \exp \left[-\frac{1,046K_p^2}{(100 - K_p)^2} \right] \exp \left[-22,32 \left(\frac{100 - Дб_y}{Дб_y - 100 \frac{K_p}{СВ_y}} \right)^4 \right], \quad (2)$$

де ρ_{δ} — тиск вторинної пари, кПа; $Дб_y$ — доброякісність утфелю; t_{δ} — температура вторинної пари, °С.

Постійна часу q , що залежить від інтенсивності процесів теплообміну, та коефіцієнт форми кінетичної кривої n залежать від змінних процесу та визначається з [2].

Перетворимо систему (1) до простору змінних стану:

$$\dot{X} = F(X, U, E, \tau), \quad (3)$$

$$X(0) = X_0, \quad (4)$$

де координатами стану X є: температура стінки t_{cm} , температура утфелю t_y , приріст гідростатичного рівня утфелю Dh , масовий вміст сухих речовин $СВ_y$ і кристалів в утфелі K_p ; U — вектор керування: температура пари в гріючій камері t_n , тиск вторинної пари ρ_{δ} ; E — вектор збурень: витрата $G_{СП}$ температура $t_{СП}$ та кількість сухих речовин $СВ_{СП}$ сиропу, який підкачується, доброякісність сиропу $Дб_y$; $F(\bullet)$ — нелінійна функція; τ — часова змінна; X_0 — початкове значення координат стану.

$$X = \begin{bmatrix} t_{cm} \\ t_y \\ \Delta h \\ СВ_y \\ K_p \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} t_n \\ \rho_{\delta} \end{bmatrix} \quad E = \begin{bmatrix} Дб_y \\ G_{СП} \\ t_{СП} \\ СВ_{СП} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Всі інші змінні є константами для одного процесу варіння утфелю в конкретному вакуум-апараті.

Сироп, який поступає з випарної станції нагрівають до кипіння, виникає так званий утфельний пар, який виводиться, таким чином відбувається згущення сиропу. Процес

кристалізації цукру є одним з найбільш складних технологічних процесів, які проводять в харчовій промисловості в апаратах періодичної дії Мета кристалізації — виділити розчинений в сиропі цукор у вигляді кристалів. При досягненні потрібного коефіцієнта пересичення вводять затравку у вигляді цукрової пудри. Після закінчення подачі пудри підживлюють апарат сиропом і починають нарощування кристалів. Уварюванням утфелю ведуть до установленого регламентом вмісту сухих речовин.

Зобразимо роботу процесу варіння утфелю в вакуум-апараті в фазовому просторі (рис. 1). Першу координату стану t_{cm} відкидаємо так як вона не обмежена технологічним регламентом та друга координата стану t_y кореляційна з нею. Стан системи (область S) та переходи між станами (на рис. 1 показані стрілками) залежить від попереднього стану системи, збурення, управління, а також неврахованих чинників, що не описані в математичній моделі об'єкта. В найпростішому випадку область S_0 — це куб в трьохвимірному просторі, який побудований за найбільшими та найменшими значеннями фазових координат, що визначаються технологічним регламентом. Відмітимо, що після першої стадії з'являється четверта координата Kp , а фазовий простір перетворюється в чотирихвимірний. Область S_1 частково входить в рівняння (4).

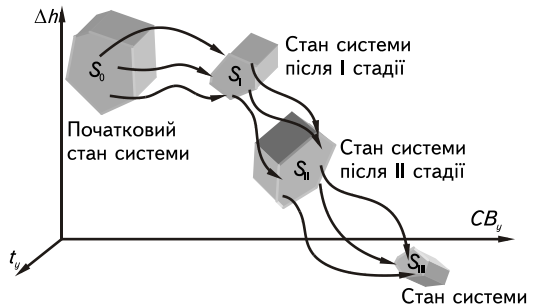


Рис. 1. Фазовий простір процесу варки утфелю

Отже, отримуємо області, що задані найменшим та найбільшим значенням фазових координат:

$$S_0: CB_y = [60 - 70]; t_y = [70 - 74]; Dh = [2 - 3,5].$$

$$S_I: CB_y = [70 - 80]; t_y = [72 - 75]; Dh = [2,5 - 3].$$

$$S_{II}: CB_y = [80 - 84]; t_y = [73 - 76]; Dh = [2,7 - 3,2]; K_p = [0 - 55].$$

$$S_{III}: CB_y = [84 - 92]; t_y = [74 - 77]; Dh = [2,8 - 3,3]; K_p = [55 - 64].$$

При моделюванні фазових портретів стадії кристалізації, враховуючи особливості технологічного процесу та кореляцію деяких змінних, фазовими координатами обирають температуру утфелю t_y , приріст гідростатичного рівня утфелю Δh та масовий вміст сухих речовин CB_y .

Моделювання проводиться при варіації змінних та початкових умов в межах технологічного регламенту. Початкова точка на рисунках зображена зірочкою, а рух до кінцевої траєкторії — стрілкою.

1. Моделювання при зміні збурень.

Як видно з рис. 2 та рис. 3 зміна збурень не впливає на форму фазової траєкторії, змінюється лише кінцевий стан системи, що вкладається в задану область S_{III} .

1. Моделювання при зміні управліннь.

При зміні температури пари t_n (рис. 4, а) фазова траєкторія суттєво змінюється, зокрема при збільшенні t_n до 150°C значення температури утфелю t_y збільшується до 90°C , що недопустимо за технологічним регламентом (зелена крива), а при зменшенні t_n до 100°C t_y падає до 40°C , що також недопустимо. Відповідно рівень в апараті в першому випадку зростає, а в другому — зменшується.

При зміні тиску вторинної пари p_s (рис. 4, б) змінюється кінцевий стан системи, а фазова траєкторія не змінюється.

3. Моделювання при зміні початкових умов.

Як видно з рис. 5 при зміні початкового значення t_y фазова траєкторія майже не змінилася (середні графіки з'єдналися), при збільшенні початкового значення Δh траєкторія піднялася в гору, а при зменшенні початкового значення CB_y траєкторія змістилася вправо. При цьому кінцевий стан системи при деяких значеннях початкових умов не вкладається в область S_{III} .

Аналізуючи результати моделювання фазових траєкторій даної системи робимо висновок, що не дивлячись на те, що система є нелінійною, багатовимірною та багатозв'язною, в ній не виникає критичних та хаотичних режимів, а перехідні режими є доволі простими.

Тому, при побудові оптимального керування утфельним вакуум апаратом необхідно використати прикладну теорію керування.

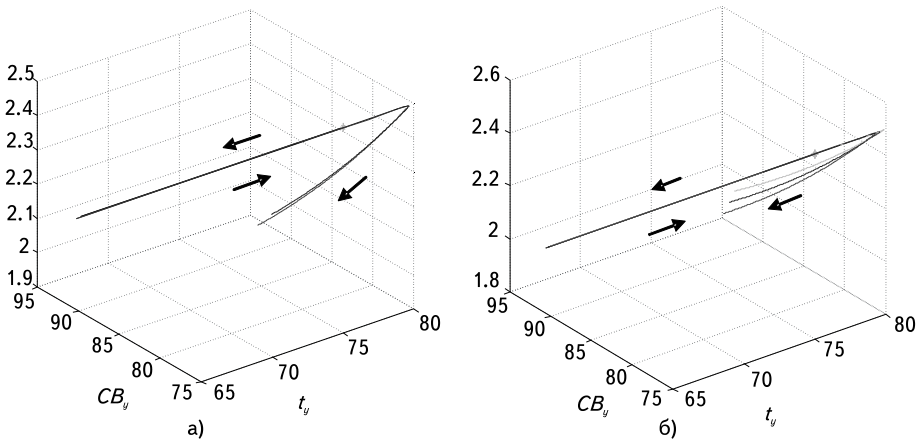


Рис. 2. Фазові портрети при зміні а) $D\delta_v$; б) $G_{ст}$

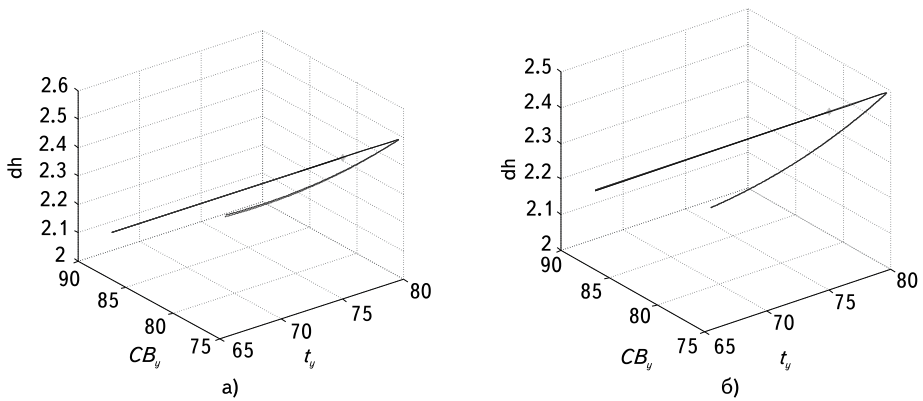


Рис. 3. Фазові портрети при зміні а) $t_{ст}$; б) $CB_{ст}$

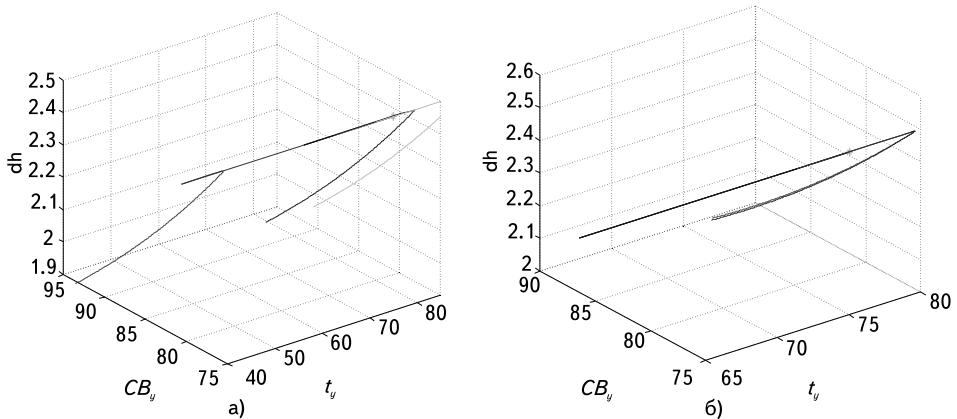


Рис. 4. Фазові портрети при зміні а) t_n ; б) ρ_8

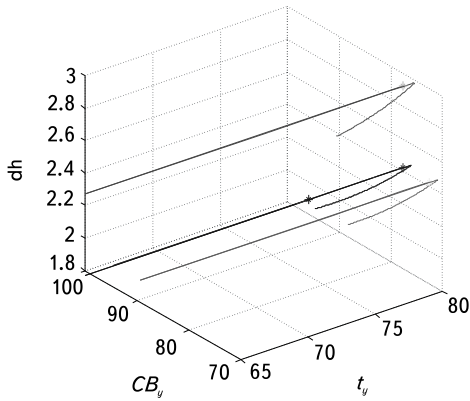


Рис. 5. Фазові портрети при зміні початкових умов

При класичному (прикладному) підході до керування вакуум-апаратом періодичної дії кристалізація цукру складається з ряду послідовно виконуваних стадій. Перехід до чергової стадії відбувається при досягненні заданих значень координат стану (область S_j).

При побудові системи керування утфельним вакуум-апаратом, задача оптимізації є однією з головних задач для керування. Метою створення системи оптимального керування утфельним вакуум-апаратом є поліпшення техніко-економічних показників його роботи за рахунок: зменшення часу проходження процесу; скорочення втрат кінцевого продукту; ведення технологічних процесів в оптимальних або близьких до них режимах; підвищення оперативності контролю процесу.

У загальному вигляді задача динамічної оптимізації процесу кристалізації зводиться до знаходження такої функції $U^*(\tau)$ або $X^*(\tau)$ при $\tau_\kappa \geq \tau \geq \tau_0$, яка забезпечує оптимум функціоналу

$$I = \int_{\tau_0}^{\tau_\kappa} \varphi(X, U, E, a) d\tau \rightarrow \text{opt} \Rightarrow U^*(\tau) \text{ або } X^*(\tau) \quad (6)$$

при таких обмеженнях:

$$F(\dot{X}, X, U, E, b) = 0, \quad (7)$$

$$\Omega : \quad 0 \geq H(X, U, E), \quad (8)$$

$$G(X(\tau_\kappa), X(\tau_0)) = 0, \quad (9)$$

де (7) — обмеження типу зв'язків, тобто математична модель об'єкта (1) у вигляді (3); (8) — обмеження типу нерівностей; (9) — краєві умови, що складені з області S_{II} та рівняння (4). Функція J критерію (6) може описувати вихід готового продукту та тривалість проходження процесу.

Вакуум апарати періодичної дії, як об'єкти оптимізації відносяться до об'єктів з неповною інформацією, тому для їх оптимізації використовують аналітичні адаптивні алгоритми з прогнозуючою моделлю та зворотнім зв'язком. Неповнота інформації про об'єкт спричинена відсутністю інформації про всі складові вектор-функції обмежень типу нерівностей H та вектора збурень E . Невідомими найчастіше є обмеження, пов'язані, насамперед, з критичними значеннями рушійної сили, перевищення яких приводить до критичних ситуацій в апараті. Зокрема, при кристалізації цукру перевищення пересичення міжкристалного розчину критичних значень призводить до інтенсифікації процесів вторинного кристалоутворення, що суттєво змінює гранулометричний склад цукру і робить його непридатним для подальшої обробки. А збурення об'єкта керування зумовлені: змінами технологічних властивостей сировини; змінами характеристик обладнання (знос, забруднення); впливом рівня організації виробництва, кваліфікацією виробничого персоналу.

Висновки. Визначено координатний простір та зроблено постановку задачі в фазовому просторі процесу варіння утфелю. Проведено математичне моделювання стадії кристалізації цукру та виявлено, що в об'єкті не виникає критичних та хаотичних режимів, тому при побудові оптимальної системи керування процесом варіння утфелю необхідно використати прикладну теорію управління. Приведена постановка задачі оптимізації та подальші методи її розв'язання.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Методи сучасної теорії управління:* [навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл.] / Ладанюк А.П., Кишенько В.Д., Луцька Н.М., Івашук В.В. — К.: НУХТ, 2010. — 196 с.

2. Глущенко М.С. Моделювання і оптимальне керування періодичними процесами в утфельних вакуум-апаратах: дис. канд. техн. наук.: 05.13.07 / М.С. Глущенко — К., 2008. — 195 с.

3. Трегуб В.Г. Автоматизация периодических процессов в пищевой промышленности / Трегуб В.Г. — К.: Техніка, 1982.

В работе исследуется технологический объект управления — варка утфеля в вакуум-аппарате периодического действия как объект оптимизации. Определено фазовое пространство для моделирования фазовых траекторий и на результатах моделирования выбрано одно из направлений дальнейшего синтеза оптимального управления процессом варки утфеля — синергетическая или прикладная теория управления.

Ключевые слова: вакуум-аппарат, процесс кристаллизации, синергетика, прикладная теория управления, фазовое пространство, фазовая траектория.

M.S. Glushchenko, N.N. Luts kaya

***Research of phase trajectories
for building optimal control fillmass vacuum pans***

The technological object of management is cooking of fillmass in the vacuum pan of batch-type as an object of optimization. Phase space is certain for the design of phase trajectories and on the results of design one of directions of further synthesis of optimum management of the process cooking of fillmass is chosen as a synergetic or applied theory of management.

Key words: vacuum pan, process crystallization, synergetic, applied theory of management, phase space, phase trajectory.

Одержана редколлегією 14.05.12 р.

УДК 681.513.3

О.П. ЛОБОК,
Б.М. ГОНЧАРЕНКО,
І.В. СТРУНІН

Національний університет харчових технологій

ВПЛИВ СТОХАСТИЧНИХ ЗБУРЕНЬ НА РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІТИЧНОГО КОНСТРУЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Вирази знайдених при аналітичному конструюванні оптимальних керувань, які мінімізують інтегральний критерій якості функціонування системи, залежать від випадкових збурень, в умовах яких проходить функціонування, а форма керувань, як і вигляд інтегрального критерію якості функціонування змінюються від цих умов. Це дозволило дослідити вплив вказаних збурень та отримати відповідні їм вирази керувань і критеріїв, а також намітити шлях до відповідного стохастичного диференціального матричного рівняння і до його розв'язку, щоб отримати вектор узагальненого стану багатовимірною об'єкта.

Ключові слова: синтез керування, збурення, ректифікаційна колона, рівняння стану, оптимальне керування, критерій якості, динамічне програмування, рівняння Белмана, рівняння Ріккати.

Стохастичні багатовимірні об'єкти автоматичного керування часто бувають під впливом випадкових як зовнішніх, так і внутрішніх збурень. Внутрішні збурення можуть бути пов'язані, зокрема, з неповними знаннями про об'єкт керування, з неточним описом цього об'єкта або з неточними вимірюваннями деяких його технологічних параметрів. Тому часто об'єкти, однакові за структурою, можуть функціонувати по-різному в залежності від умов, що визначаються серед іншого і збуреннями об'єктів.

Аналітичне конструювання оптимального керування для багатовимірною об'єкта керування, наприклад, ректифікаційної колони БРУ, який знаходиться під впливом зовнішніх, що мають адитивний характер і внутрішніх у вигляді мультиплікативних випадкових збурень здійснене у [1], де пропонується алгоритм (шлях і послідовність) такого конструювання.

Автори відмічають, що об'єкти керування під дією випадкових збурень описуються зазвичай системою стохастичних диференціальних рівнянь виду:

$$\begin{cases} dx(t) = \left(A(t)dt + \sum_{i=1}^k \Theta_i(t)dw_i(t) \right) x(t) + \\ + \left(B(t)dt + \sum_{i=1}^k \Psi_i(t)dw_i(t) \right) u(t) + \sum_{i=1}^k h_i(t)dw_i(t), \\ t_0 < t \leq T, \\ x(t_0) = x_0, \end{cases} \quad (1)$$

де $x(t)$ — n -вимірний вектор стану, $u(t)$ — m -вимірний вектор керування, $A(t)$, $\Theta_i(t)$, $B(t)$, $\Psi_i(t)$ — задані матриці розмірностей $n \times n$ та $n \times m$, відповідно, вектору стану, вектору мультиплікативних збурень, вектору керувань та вектору адитивних збурень, $h_i(t)$ — відомий вектор розмірності n , $w_i(t)$ — скалярні випадкові вінеровські процеси, що описують зовнішні (адитивні) та внутрішні (мультиплікативні) збурення об'єкту керування. Щодо цих збурень передбачається, що математичне сподівання цих збурень $M(w_i(t)) = 0$, а коваріація $M(w_i(t)w_j(\tau)) = g_{ij}(t)\delta(t - \tau)$, $i, j = 1, 2, \dots, k$, де $\delta(t - \tau)$ — δ -функція Дірака, а функції $g_{ij}(t)$ утворюють симетричну позитивно визначену матрицю $G(t) = \{g_{ij}(t)\}_{i,j=1}^k$. Початковий стан системи x_0 — гаусівський випадковий n -вимірний вектор, причому $M(x_0) = m_0$, $M(x_0 x_0^T) = Q_0$, де m_0 — заданий n -вимірний вектор математичних сподівань, Q_0 — відома симетрична позитивно визначена коваріаційна матриця розмірності $k \times k$ вектора x_0 , "T" — операція транспонування.

При цьому критерій якості функціонування системи (1) формулюється звичайно у вигляді

$$J(u) = M \left\{ \int_{t_0}^T (x^T(t)P(t)x(t) + u^T(t)D(t)u(t))dt + x^T(T)Qx(T) \right\}, \quad (2)$$

де $P(t)$, $D(t)$, Q — задані симетричні позитивно визначені вагові матриці відповідних розмірностей.

Оптимальне керування, яке мінімізує функціонал (2) на розв'язках системи (1), автори знайшли методом динамічного програмування, відповідно до якого була введена у розгляд функція Белмана [2] виду:

$$V(x, t) = \min_{u(\tau), t \leq \tau \leq T} \left\{ M_w \left[\int_t^T (x^T(\tau)P(\tau)x(\tau) + u^T(\tau)D(\tau)u(\tau))d\tau + x^T(T)Qx(T) \right]_{x(t)=x} \right\} \quad (3)$$

А саме рівняння Белмана було представлено в наступному вигляді

$$\min_u \{ L_u V(x, t) + x^T P(t)x + u^T(t)D(t)u(t) \} = 0, \quad (4)$$

з початковою умовою $V(x, T) = x^T Q x$, де L_u — диференціальний оператор марківського процесу, який є розв'язком рівнянь (1) і тому одночасно станом керованого об'єкта. Цей оператор має вигляд:

$$L_u = \frac{\partial}{\partial t} + (A(t)x + B(t)u(t), \Delta_x) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (\Theta_i(t)x + \Psi_i(t)u(t) + h_i(t), \Delta_x)^2, \quad (5)$$

де $\Delta_x = \frac{\partial}{\partial x} = \left[\frac{\partial}{\partial x_1}, \frac{\partial}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial}{\partial x_n} \right]^T$ — оператор-градієнт.

Шукане оптимальне керування задовольняє рівняння Белмана (4) відносно змінної керування $U(t)$, яке справедливе лише для оптимального керування $U^{opt}(t)$.

Допоміжними перетвореннями та підстановками автори [1] звели рівняння Белмана (4) до вигляду:

$$\min_u \{ F(V, u, x, t) \} = 0.$$

або

$$B^T(t)V_x(x, t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t)V_{xx}(x, t)(\Theta_i(t)x + \Psi_i(t)u(t) + h_i(t)) + 2D(t)u(t) = 0, \quad (6)$$

звідки вираз шуканого оптимального керування набув вигляду

$$u(t) = - \left[2D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t)V_{xx}(x, t)\Psi_i(t) \right]^{-1} \times \\ \times \left(B^T(t)V_x(x, t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t)V_{xx}(x, t)(\Theta_i(t)x + h_i(t)) \right). \quad (7)$$

Після підстановки (7) у рівняння Белмана (6) останнє набуло вигляду:

$$F(V, x, t) = 0,$$

ліва частина $F(V, x, t)$ якого задавалася формулою

$$F(V, u, x, t) = \frac{\partial V(x, t)}{\partial t} + (Ax + Bu(t), V_x(x, t)) + \\ + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (\Theta_i(t)x + \Psi_i(t)u(t) + h_i(t))^T V_{xx}(x, t) (\Theta_i(t)x + \Psi_i(t)u(t) + h_i(t)) + \\ + x^T P(t)x + u^T(t) D(t)u(t), \quad (8)$$

в якій функція $U(t)$ визначалася співвідношенням (7).

Розв'язок рівняння Белмана (8) був знайдений у вигляді функції виду:

$$V(x, t) = x^T R(t)x + x^T r(t) + k(t),$$

де $R(t), r(t), k(t)$ — відповідно матрична, векторна і скалярна функції, що підлягали визначенню, причому $R(t) = R^T(t)$ — симетрична матриця.

Враховуючи, що

$$V_x(x, t) = \frac{\partial V(x, t)}{\partial x} = 2R(t)x + r(t), \quad V_{xx}(x, t) = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial V(x, t)}{\partial x} \right]^T = 2R(t), \quad (9)$$

вираз оптимального керування (7) перетворили до вигляду лінійного зворотного зв'язку від стану $x(t)$ системи (1)

$$u(t) = S(t)x(t) + c(t), \quad (10)$$

де матриця зворотного зв'язку $S(t)$ і адитивний вектор $c(t)$ визначалися наступними формулами:

$$S(t) = - \left[D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t) R(t) \Psi_i(t) \right]^{-1} \left(B^T(t) R(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t) R(t) \Theta_i(t) \right), \quad (11)$$

$$c(t) = - \left[D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t) R(t) \Psi_i(t) \right]^{-1} \left(\frac{1}{2} B^T(t) r(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t) R(t) h_i(t) \right). \quad (12)$$

Для визначення $R(t), r(t)$ і $k(t)$ підставили в рівняння Белмана (7) функцію (8). Тоді, враховуючи співвідношення (9) та (10), рівняння Белмана набуло вигляду:

$$x^T \frac{dR(t)}{dt} x + x^T \frac{dr(t)}{dt} + \frac{dk(t)}{dt} + 2x^T (A^T + S^T B^T) R x + x^T (A^T + S^T B^T) r + \\ + 2c^T B^T R x + c^T B^T r + x^T \sum_{i=1}^k (\Theta_i + \Psi_i S)^T R (\Theta_i + \Psi_i S) x + \\ + x^T \sum_{i=1}^k (\Theta_i + \Psi_i S)^T R (\Psi_i c + h_i) + \sum_{i=1}^k (\Psi_i c + h_i)^T R (\Psi_i S + \Theta_i) x + \\ + \sum_{i=1}^k (\Psi_i c + h_i)^T R (\Psi_i c + h_i) + x^T P x + x^T S^T D S x + x^T S^T D c + c^T D S x + c^T D c = 0. \quad (13)$$

Останнє рівняння виконується при будь-яких векторах стану x , з нього отримали такі три диференціальні рівняння:

1) матричне диференціальне рівняння типу Ріккаті [3], якому задовольняє симетрична матриця $R(t)$:

$$\begin{cases} \frac{dR(t)}{dt} = -A^T(t)R(t) - R(t)A(t) - P(t) - \sum_{i=1}^k \Theta_i^T(t)R(t)\Theta_i(t) + \\ + \left(R(t)B(t) + \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R(t)\Psi_i \right) \left(D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R(t)\Psi_i \right)^{-1} \left(B^T(t)R(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R(t)\Theta_i \right), \\ R(T) = Q. \end{cases} \quad (14)$$

2) рівняння вектора $r(t)$, що є розв'язком системи звичайних матричних диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \frac{dr(t)}{dt} = \left(-A^T(t) + \left(R(t)B(t) + \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R(t)\Psi_i \right) \left(D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R(t)\Psi_i \right)^{-1} B^T(t) \right) r(t) + \\ + 2 \left(R(t)B(t) + \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R(t)\Psi_i \right) \left(D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R(t)\Psi_i \right)^{-1} \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R(t)h_i - 2 \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R(t)h_i, \\ r(T) = 0. \end{cases} \quad (15)$$

та

3) рівняння виразу скалярної функції $k(t)$:

$$\begin{aligned} \frac{dk(t)}{dt} - \left(\frac{1}{2} r^T(t)B(t) + \sum_{i=1}^k h_i^T(t)R(t)\Psi_i(t) \right) \left(D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t)R(t)\Psi_i(t) \right)^{-1} \times \\ \times \left(\frac{1}{2} B^T(t)r(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t)R(t)h_i(t) \right) + \sum_{i=1}^k h_i^T(t)R(t)h_i(t) = 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Початкові умови для рівнянь (14), (15), (16) визначає співвідношення [1]:

$$V(x, T) = x^T R(T)x + x^T r(T) + k(T) = x^T Qx.$$

Останнє рівняння виконується при будь-яких станах об'єкт x , для яких знайшли кінцеві значення $R(T) = Q$, $r(T) = 0$, $k(T) = 0$.

Таким чином, оптимальне керування стохастичними багатовимірними об'єктами з адитивними та мультиплікативними збуреннями визначили за формулами (10) – (12), в яких симетрична матриця $R(T)$ задовольняє матричному диференціальному рівнянню типу Ріккати [3].

Мінімальне значення критерію якості (2) при цьому має вигляд:

$$\begin{aligned} J_{\min} = \min_u J(u) = M_{x_0} \{V(x_0, t_0)\} = M_{x_0} \{x_0^T R(t_0)x_0\} + \\ + M_{x_0} \{x_0^T r(t_0)\} + k(t_0) = tr[R(t_0)Q_0] + m_0^T r(t_0) + k(t_0), \end{aligned} \quad (17)$$

де $k(t_0)$ обчислюється за формулою:

$$\begin{aligned} k(t_0) = \int_{t_0}^T \left[\sum_{i=1}^k h_i^T(\tau)R(\tau)h_i(\tau) - \left(\frac{1}{2} r^T(\tau)B(\tau) + \sum_{i=1}^k h_i^T(\tau)R(\tau)\Psi_i(\tau) \right) \times \right. \\ \left. \times \left(D(\tau) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(\tau)R(\tau)\Psi_i(\tau) \right)^{-1} \left(\frac{1}{2} B^T(\tau)r(\tau) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(\tau)R(\tau)h_i(\tau) \right) \right] d\tau. \end{aligned}$$

Вирази оптимального керування при мінімальному значенні критерію якості функціонування системи, отримані в [1], приймають різні вигляди і залишаються справедливими,

хоча і в залежності від умов за яких працює система. Ми проаналізували випадки функціонування оптимальної системи керування багатовимірним об'єктом для різних умов, а саме:

1. Якщо відсутні мультиплікативні збурення, такі як $\Theta_i(t) = 0$, $\Psi_i(t) = 0$, $i = 1, 2, \dots, k$, то $r(t) = 0$, $c(t) = 0$, то оптимальне керування (10) спрощується, приймаючи вигляд

$$u(t) = -D^{-1}(t)B^T(t)R(t)x(t), \quad (19)$$

де $R(t) = 0$ є рішенням наступного матричного диференціального рівняння типу Ріккати:

$$\begin{cases} \frac{dR(t)}{dt} = -A^T(t)R(t) - R(t)A(t) + R(t)B(t)D(t)^{-1}B^T(t)R(t) - P(t), \\ R(T) = Q. \end{cases} \quad (20)$$

Мінімальне значення критерію якості (2) при цьому дорівнює:

$$J_{\min} = \min_u J(u) = \text{tr} [R(t_0)Q_0] + \sum_{i=1}^k \int_{t_0}^T h_i^T(\tau)R(\tau)h_i(\tau)d\tau. \quad (21)$$

2. Якщо ж адитивні збурення в системі (1) відсутні, тобто $h_i(t) = 0$, $i = 1, 2, \dots, k$, то $r(t) = 0$, $k(t) = 0$, $c(t) = 0$ то, як наслідок, оптимальне керування дорівнює:

$$u(t) = - \left[D(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t)R(t)\Psi_i(t) \right]^{-1} \left(B^T(t)R(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T(t)R(t)\Theta_i(t) \right) x(t), \quad (22)$$

то при цьому мінімальне значення критерію (2) визначається формулою

$$J_{\min} = \min_u J(u) = \text{tr} [R(t_0)Q_0]. \quad (23)$$

3. Якщо система (1) стаціонарна і критерій її функціонування має вигляд

$$J(u) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T - t_0} M \left\{ \int_{t_0}^T (x^T(t)Px(t) + u^T(t)Du(t))dt \right\}, \quad (24)$$

то оптимальне керування такою системою визначається співвідношеннями (10), (11), (12) в яких матриця $R(t)$, формує зворотний зв'язок (10), що задовольняє матричному алгебраїчному рівнянню типу Ріккати виду:

$$\begin{aligned} & A^T R + RA + P + \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R \Theta_i - \\ & - \left(RB + \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R \Psi_i \right) \left(D + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R \Psi_i \right)^{-1} \left(B^T R + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R \Theta_i \right) = 0, \end{aligned} \quad (25)$$

а вектор r — є розв'язком системи лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\begin{aligned} & \left(A^T - \left(RB + \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R \Psi_i \right) \left(D + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R \Psi_i \right)^{-1} B^T \right) r = \\ & = 2 \left(RB + \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R \Psi_i \right) \left(D + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R \Psi_i \right)^{-1} \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R h_i - 2 \sum_{i=1}^k \Theta_i^T R h_i, \end{aligned} \quad (26)$$

Вираз критерію (24) при цьому набуває вигляду:

$$J_{\min} = \sum_{i=1}^k h_i^T R h_i - \left(\frac{1}{2} r^T B + \sum_{i=1}^k h_i^T R \Psi_i \right) \left(D + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R \Psi_i \right)^{-1} \left(\frac{1}{2} B^T r + \sum_{i=1}^k \Psi_i^T R h_i \right).$$

Таким чином, оптимальне керування стохастичними системами з мультиплікативними і адитивними збуреннями отримане у вигляді (7) лінійного матричного регулятора $U(t)$ від

стану системи, параметри якого можна обчислити для вибраних умов функціонування до початку процесу керування об'єктом. Для реалізації конструювання зворотного зв'язку як регулятора виникає необхідність у чисельному розв'язку різних за виглядом виразів відповідних, запропонованих тут відповідно до умов функціонування об'єкта керування матричних диференціальних або алгебраїчних рівнянь типу Ріккати. Ці рівняння можна розв'язати за допомогою відомих математичних пакетів, зокрема, за допомогою програмного пакету MatLab, щоб щоб отримати вектор узагальненого стану багатовимірною об'єкта.

Висновки. Відомо, що реалізацію аналітичного конструювання оптимального керування стохастичними багатовимірними об'єктами можна здійснити використанням методу динамічного програмування з розв'язанням матричних диференціальних рівнянь Белмана та типу Ріккати. Доведено, що вирази аналітично сконструйованих керувань (регуляторів) варіюють в залежності від умов збурення об'єкта керування, і одержані відповідні вирази керувань і критеріїв оптимальності.

Запропоновані тут вирази оптимальних керувань (регуляторів) враховують умови функціонування багатовимірною об'єкта керування і можуть бути простіше використані, ніж розв'язання задачі оптимального керування з самого початку, як в роботі [1].

Застосування відповідних до умов функціонування об'єкта керування розв'язків забезпечує при аналітичному конструюванні оптимального керування кращу якість системи, що призводить до зниження собівартості виробництва, зменшення енерговитрат, підвищення якості продукту та інших позитивних змін у виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лобок О.П. Оптимальне управління стохастичними системами з адитивними та мультиплікативними збуреннями [Текст] / О.П. Лобок, М.В. Іващенко // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2011. — № 3. — с. 18 — 21.
2. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы [Текст] / А.Г. Александров; — М.: Высш.школа, 1989. — 263 с.
3. Бертсекас Д. Стохастическое оптимальное управление: случай дискретного времени [Текст] / Д. Бертсекас, С. Шрив; — М.: Наука, 1985. — 280 с.
4. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування (для студ. спец. напряму 0925 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»). [Текст] / А.П. Ладанюк; Нац. університет харчових технологій. — К.: НУХТ, 2006. — 169 с.
5. Роцин А.В. Синтез систем управления для стохастических объектов [Текст]: учеб.пособие. / А.В. Роцин; — М.: МГУПИ, 2008. — 87 с.

Выражения найденных при аналитическом конструировании оптимальных управлений, которые минимизируют интегральный критерий качества функционирования системы, зависят от случайных возмущений, в условиях которых проходит функционирование системы, а форма самого управления, как и вид интегрального критерия качества функционирования, изменяются в зависимости от этих условий. Это позволило исследовать влияние указанных возмущений и получить соответствующие им выражения управлений и критериев, а также наметить путь к получению соответствующего стохастического дифференциального матричного уравнения состояния и к его решению, чтобы получить вектор обобщенного состояния многомерного объекта.

Ключевые слова: синтез управления, возмущения, ректификационная колонна, уравнение состояния, оптимальное управление, критерий качества, динамическое программирование, уравнение Беллмана, уравнение Риккати.

O.P. Lobok, B.M. Goncharenko, I.V. Strunin

***The influence of stochastic perturbations on the results
of the multivariate design objects controls***

In the analytical design control stochastic multidimensional objects optimal solution can be found, for example, by using dynamic programming. For this we must make consistent solution of matrix differential equations in partial derivatives of Bellman, Riccati equations and matrix system of ordinary differential equations, which would vary depending on changes in the ascending mathematical models of control objects and expressions of the integral criterion of quality control, which expresses purpose of synthesis. Finding the optimal control minimizes the expression of integral quality criterion of the system. When changing the conditions of the facility management under stochastic perturbation varies form solutions of the above equations, as well as more integral quality criterion. It is possible to investigate the impact of these perturbations to the vector solution of Riccati equations, get them appropriate expressions and identify ways to stochastic differential equations, the solution of which gives the generalized vector of an object.

Key words: synthesis control, perturbation of the equation, optimal control, the quality criterion, the dynamic programming, equation Bellman, Riccati equation.

Одержано редколегією 5.03.2012 р.

Д.В. ЛЕВЧІЙ*Київський національний університет імені Тараса Шевченка***Н.В. МЕДВІДЬ***Національний університет харчових технологій*

ВИКОРИСТАННЯ ПІД-АЛГОРИТМІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЧИМИ ПРОЦЕСАМИ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ¹

У роботі розглянуті можливості використання ПІД-алгоритмів (пропорційно-інтегрально-диференційних) для автоматизації виробничих процесів на підприємствах харчової промисловості. Наведені приклади застосування та переваги використання даних алгоритмів.

Ключові слова: харчова промисловість, автоматизація керування, алгоритми оптимізації, PID (ПІД) алгоритм.

Харчова промисловість України займає одне з чільних місць за показником реалізованої продукції та є потужним джерелом формування бюджету. Особливістю галузі є порівняно висока конкуренція, тому підвищення ефективності виробництва та зниження рівня витрат — важливі складові підвищення конкурентоспроможності підприємств харчової промисловості. Автоматизація керування виробничими процесами та інженерними системами на підприємствах дозволить реалізувати обидві зазначені переваги, підвищить точність дотримання заданих параметрів у виробничих приміщеннях та дозволить більш раціонально використовувати наявні паливно-енергетичні ресурси.

Сучасні системи керування процесами будуються на базі мікропроцесорних пристроїв, які працюють у відповідності з закладеним у них програмним забезпеченням. Найбільш важливим функціональним елементом систем автоматичного управління є цифрові регулятори, оскільки для системних процесів часто вимагається, щоб контрольовані параметри були здатні швидко реагувати на зовнішні впливи та підтримувати інші системні константи (наприклад, тиск, температуру тощо). Засобом для вирішення цієї задачі є регулятор, який порівнює показники системи та задане значення і формує завдання для корекції помилки. До числа найбільш розповсюджених алгоритмів для регуляторів відноситься ПІД-алгоритм, у якому містяться три складових підвиди регуляторів для усунення помилок: пропорційний (П-регулятор); інтегральний (І-регулятор); диференційний (Д-регулятор). ПІД-регулятор відноситься до числа лінійних, параметрично оптимізуючих регуляторів.

Розглянемо приклад практичного застосування ПІД-алгоритму для керування системою повітряного опалення у виробничому цеху підприємства. Експеримент проводився на реальному об'єкті за допомогою програмного забезпечення TAC Vista, TAC Menta. Для потреб виробництва у приміщенні цеху необхідно підтримувати певну задану температуру, для цього ми маємо приточну установку (каналний кондиціонер), що укомплектована теплообмінниками для підігріву або охолодження повітря. Потужність теплообмінників регулюється за допомогою клапану, що змінює проток тепло- або холодоносія. Експериментальна частина роботи присвячена саме оптимізації алгоритму регулювання клапана приточної установки. Очевидно, що точне регулювання температури у приміщенні цеху зменшує витрати на енергоресурси

©Д.В. Левчій, Н.В. Медвідь, 2011

(не допускає перегріву чи переохолодження) та безпосередньо впливає на якість продукції, якщо для її виробництва чи зберігання необхідне дотримання певного температурного режиму.

Було застосовано каскадний ПІД-регулятор, порядок визначення вхідних параметрів якого наведено нижче. Каскадне регулювання здійснюється за допомогою декількох (у даному випадку двох) послідовних регуляторів, коли на вхід (уставки) наступного подається вихід попереднього регулятора. У нашому випадку:

Регулятор 1. На вхід подається реальна та бажана температури у приміщенні; на виході після ряду математичних обчислень, маємо бажану температуру на подачі кондиціонера.

Регулятор 2. Бажана та реальна температура подачі йдуть на вхід другого регулятора, на виході отримуємо необхідний рівень відкриття клапану нагріву/охолодження.

Усі керування можна умовно поділити на 3 типи, а саме:

- 1) Аперіодичні (не допускають перерегулювання), рис. 1А;
- 2) З визначеним перерегулюванням (за мінімальний час компенсують збурення, але допускають вказане перерегулювання). Як приклад наводиться керування з 20 %-вим перерегулюванням, рис 1В;

Збурення — зміна уставки або раптова зміна стану системи (зміна користувачем бажаної температури у приміщенні на пульті кондиціонера або зміна температури у цеху внаслідок відкриття дверей, початку виробничого процесу тощо).

Перерегулювання можна визначити як зміну стану системи після досягнення бажаного стану, що відбувається за рахунок інерційності системи або повільної реакції керуючого алгоритму. Наприклад, 20 %-ве перерегулювання означає, що після збурення на величину X , максимальне перерегулювання складатиме — $0,2 X$. Стосовно системи повітряного опалення це означатиме, що, наприклад, при підвищенні користувачем бажаної температури у приміщенні на $1\text{ }^\circ\text{C}$, допустиме перерегулювання становитиме $0,2\text{ }^\circ\text{C}$.

- 1) Керування, що мінімізують функціонал (інтеграл) якості $\left(\int_0^{\infty} e^2(t) dt \rightarrow \min \right)$, рис. 1С;

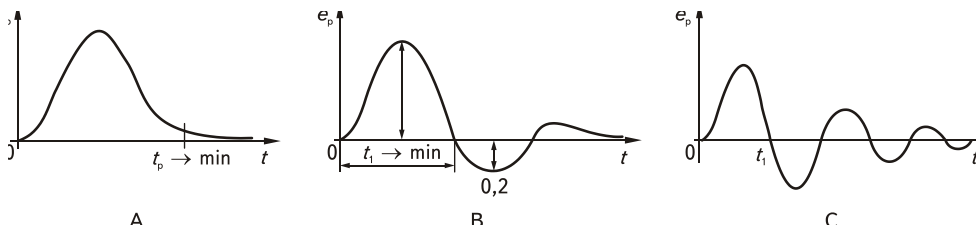


Рис. 1. Типи керування

Для кожного з зазначених типів керування можна досить точно підібрати параметри алгоритму управління. Експериментальним шляхом були отримані такі результати:

Для 1-го типу керування (аперіодичного):

$$G = \frac{0,95}{K_{по} \tau}, \quad T_i = 2,4\tau, \quad T_d = 0,4\tau.$$

Для 2-го типу керування (з 20%-вим перерегулюванням):

$$G = \frac{1,2}{K_{по} \tau}, \quad T_i = 2,0\tau, \quad T_d = 0,4\tau.$$

Для 3-го типу керування (що мінімізує інтеграл якості):

$$G = \frac{1,4}{K_{\text{по}} \frac{\tau}{T}}, \quad T_i = 1,3\tau, \quad T_d = 0,5\tau.$$

Умовні позначення: G — пропорційна ланка; T_i — час інтегрування; T_d — час диференціювання; (G , T_i , T_d — шукані величини, параметри алгоритму керування); T — константа часу (параметр алгоритму, що визначається фізичними властивостями керуючих пристроїв); $K_{\text{по}}$ — коефіцієнт підсилення об'єкту (величина, що дорівнює відношенню приросту вихідного сигналу до приросту вхідного в околі робочої точки); τ — запізнення (величина, що є сумою $\tau_3 + \tau_d$, де τ_3 — «чисте запізнення», а τ_d — динамічне запізнення). Чисте запізнення — це проміжок часу між тим моментом, коли система прийняла певне рішення (виробила керуючий сигнал), і тим моментом, коли дія цього керуючого сигналу почала впливати на систему. Динамічне запізнення — це час, що відповідає величині відрізка між початком зміни стану системи до точки перетину дотичної до кривої розгону з віссю абсцис.

Для проведення експерименту візьмемо модель без збурень. На вхід моделі подається сигнал керування 0 — 100 %, а на виході маємо температуру у приміщенні. Модель була доповнена ззовні ПІД-регулятором, що вироблятиме сигнал керування, та інтегратором, що буде обраховувати значення інтегралу якості керування. Для експерименту виберемо таку послідовність: спочатку система перебуває у стабільному стані, потім бажаний стан системи змінюється і ми спостерігаємо, яким чином і за який час система повернеться у заданий стан. Інтегратор накопичує помилку керування, тобто його значення обернено пропорційне якості керування.

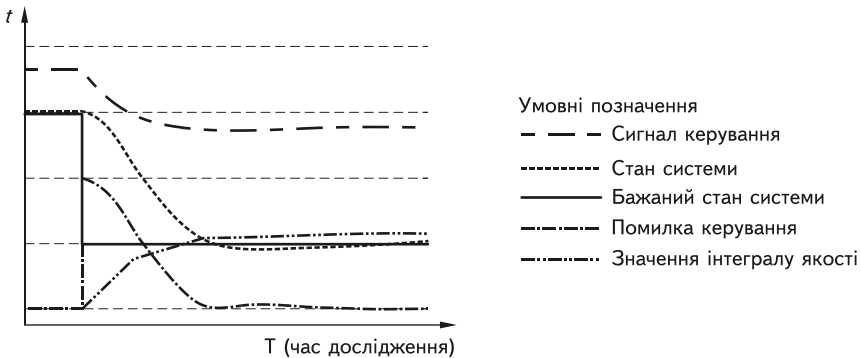


Рис. 2. Навмання підібрані параметри. Початковий стан

Як початкові параметри PID контролеру вибираємо $G = 1$ і $T_i = 60$ (1 хвилина), $T_d = 0$. Інтеграл якості виходить рівним 2654, а тип регулювання — з перерегулюванням.

До речі, при використанні будь-якого примітивного способу регулювання, говорити про функціонал якості можна лише з деякими обмеженнями, оскільки даний функціонал не буде збігатися, тобто буде прямувати до нескінченності.

Далі спробуємо настроїти PID-регулятор, вибравши для нього параметри за допомогою алгоритму, тобто визначимо для нашої моделі час запізнення і коефіцієнт підсилення:

1) Визначаємо час запізнення:

На даному графіку (див. рис. 3) сплеск лінії помилки керування відповідає початку зменшення швидкості спадання стану системи. Алгоритм запам'ятовує кут нахилу кривої і різницю між поточним і початковим значеннями в точці її перелому, ділить цю різницю на зміну за одну секунду і отримує час, необхідний для повернення системи у початкове значення з максимальною інтенсивністю, а потім віднімає цей час від часу, що пройшов від моменту зміни бажаного стану системи, до моменту уповільнення швидкості спадання стану системи. Отримуємо запізнення системи. Для даного випадку час запізнення становить 20,3 програмні цикли.

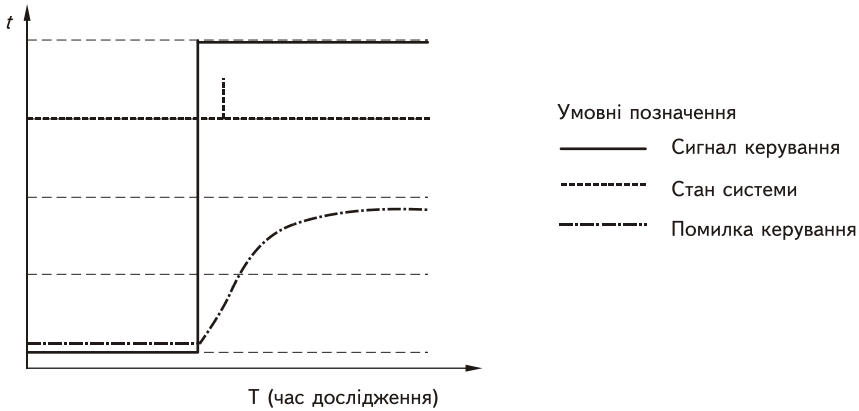


Рис. 3. Визначення часу запізнення

2) Визначимо коефіцієнт підсилення об'єкту, для цього змінимо керуючий сигнал на 5 % і подивимось на скільки зміниться стан системи. Стан системи змінився на 0,34 одиниці. Відповідно, коефіцієнт підсилення складатиме:

$$K = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{0,34}{5} = 0,068$$

Отже маємо такі результати:

$$\tau = 20,3, K_{\text{по}} = 0,068, T = 1$$

Підставляючи ці параметри у формули для 1-го (аперіодичного) типу керування одержуємо:

$$G = \frac{0,95}{K_{\text{по}} \frac{\tau}{T}} = \frac{0,95}{0,068 \frac{20,3}{1}} = 0,69,$$

$$T_i = 2,4\tau = 2,4 * 20,3 = 48,7,$$

$$T_d = 0,4\tau = 0,4 * 20,3 = 8,1.$$

Функціонал якості рівний 2980 і перерегулювання на рівні 2 %, що є у межах допустимої похибки (нагадаємо, що для аперіодичного типу керування перерегулювання повинно бути рівним нулю).

Розглянемо другий тип регулювання — з 20 %-вим перерегулюванням. Для цього типу регулювання параметри PID-регулятора визначаються згідно наступних формул:

$$G = \frac{1,2}{K_{\text{по}} \frac{\tau}{T}} = \frac{1,2}{0,068 \frac{20,3}{1}} = 0,87,$$

$$T_i = 2,0\tau = 2,0 * 20,3 = 40,6,$$

$$T_d = 0,4\tau = 0,4 * 20,3 = 8,1.$$

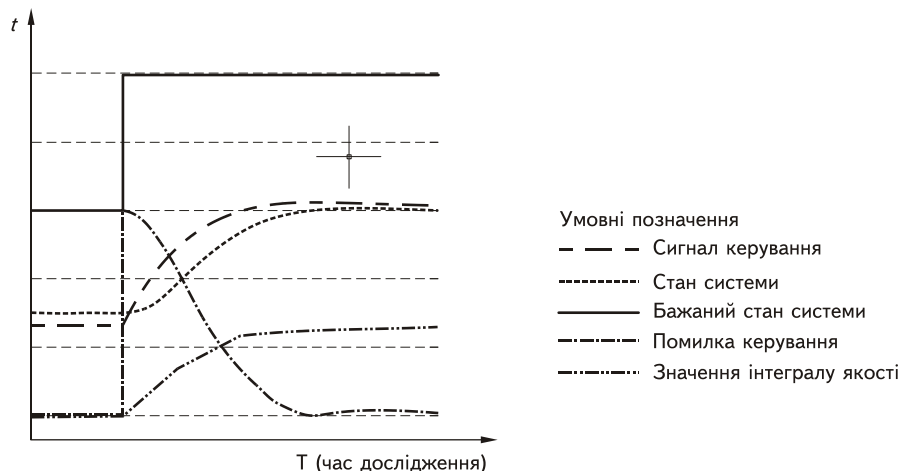


Рис. 4. Аперіодичний тип керування

На основі розрахунків одержуємо перерегулювання на рівні близько 14 %, функціонал якості рівний 2367.

Для останнього типу регулювання, що має мінімізувати функціонал якості керування, визначаємо параметри згідно наступних формул:

$$G = \frac{1,4}{K_{\text{по}} \frac{\tau}{T}} = \frac{1,4}{0,068 \frac{20,3}{1}} = 1,01,$$

$$T_i = 1,3\tau = 1,3 * 20,3 = 26,4,$$

$$T_d = 0,5\tau = 0,5 * 20,3 = 10,2.$$

Перерегулювання більше 30 %, функціонал якості рівний 1995.

Зважаючи на виявлену певну похибку, було проведено підрахунок вручну, який виявив похибку в розрахунках у 1 програмний цикл. Розмір даної похибки в реальному житті не мав би ніякого значення, але зважаючи на те, що для тестування була обрана модель, в якій зменшення швидкості зміни стану системи відбувалося вже через близько 60 програмних циклів, то дана похибка могла бути найважливішою причиною кількох відсоткової різниці між отриманими і очікуваними результатами.

Спробуємо підрахувати нові параметри, з урахуванням уточненого значення часу запізнення об'єкту.

1) Для аперіодичного типу регулювання функціонал якості рівний 2811, проти 2980, але перерегулювання 3 % проти 2 %;

2) Для регулювання з 20 %-вим перерегулюванням функціонал якості рівний 2265, проти 2367, перерегулювання 13 % проти 14 %.

3) Для регулювання, що мінімізує функціонал якості отримуємо функціонал якості рівний 1978, проти 1995. Перерегулювання у даному випадку становить майже 35 %.

Висновки. При використанні ПІД-алгоритму для регулювання різних процесів у промисловості вкрай важливо правильно підібрати параметри функціонування алгоритму. Можливість визначити оптимальні параметри дає аналіз керованого об'єкту та побудованої на його основі математичної моделі. На основі даних про керовану систему, її реакцію на управління (швидкість зміни стану, наявність збурень, обмеження щодо зміни стану тощо) розраховуються вхідні параметри функціонування ПІД-алгоритму. Використання правильно розрахованих

параметрів алгоритму робить його функціонування значно ефективнішим, це забезпечує більш ефективне функціонування інженерних систем підприємства, що, у свою чергу, дозволяє заощаджувати енергоресурси, підвищувати продуктивність виробництва, комфорт працівників.

На основі розглянутого прикладу (повітряне опалення/охолодження окремого виробничого цеху підприємства) можна переконатися, що обраховані параметри завжди забезпечують краще функціонування алгоритму, ніж параметри, підібрані без використання математичних методів. Найкращий функціонал якості керування, рівний 1978, було отримано для третього типу регулювання, що мінімізує функціонал якості. Розрахований показник на 33 % кращий, ніж у випадку з навмання підібраними параметрами ПІД-регулятора, що доводить необхідність і корисність математичних розрахунків зроблених у даній роботі.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Леончик Б.И.* Научные основы энергосбережения: учебное пособие / Б.И. Леончик, О.Л. Данилов. — М.: МГУПП, 2000. — 398 с.
2. *Соколов В.А.* Основы автоматизации технологических процессов пищевых производств / Соколов В.А. — М., 1983. — 403 с.
3. *Соснин О.М.* Основы автоматизации технологических процессов и производств / Соснин О.М. — М.: Академия, 2007. — 240 с.
4. *Шишмарев В.Ю.* Автоматизация технологических процессов / Шишмарев В.Ю. — М.: Академия, 2005. — 352 с.

В работе рассмотрены возможности использования PID-алгоритмов (пропорционально-интегрально-дифференциальных) для автоматизации производственных процессов на предприятиях пищевой промышленности. Приведены примеры использования и преимущества данных алгоритмов.

Ключевые слова: пищевая промышленность, автоматизация управления, алгоритмы оптимизации, PID (ПІД) алгоритм.

D.V. Levchiy, N.V. Medvid

Usage of pid-algorithms to control production processes in food industry

The article discusses the possibility of using PID-algorithms (proportional-integral-differential) for the automatization of production processes in the food industry. When using the PID algorithm is important to choose the right parameters of algorithm operation. This makes functioning of the systems more efficient, saves energy, increase productivity, comfort of employees and others. The work gives an example of practical application of PID-algorithm to control the air heating and cooling system in the manufacturing enterprise. The authors considered the different types of management options, selected PID-algorithm parameters and calculated functional quality for each of them. Based on the example it was proved that calculated parameters always provide a better functioning of the algorithm than the other ones, selected without the use of mathematical methods.

Key words: food processing, automation control, optimization algorithms, PID-algorithm.

Одержано редакцією 21.12.2011 р.

О.В. ДАНЬКО,
В.Є. ШЕСТЕРЕНКО

Національний університет харчових технологій

НЕГАТИВНИЙ ВПЛИВ НЕЯКІСНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА СОБІВАРТІСТЬ ПРОДУКЦІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Показаний вплив неякісної напруги на електромагнітні та технологічні втрати, що проявляється у зростанні втрат потужності та енергії, зменшенні терміну служби обладнання і технологічних збитках. Таким чином, відхилення напруги є однією з найважливіших проблем в системах електропостачання промислових підприємств. Її вирішення є пріоритетним завданням при проектуванні систем електропостачання. Розглянуто шляхи підвищення ефективності харчових виробництв за рахунок зниження технологічних втрат, викликаних неякісною напругою. Запропоновано спосіб підвищення якості напруги.

Ключові слова: напруга, електроенергія, електрообладнання, збитки, втрати енергії.

Звичайно при оцінці впливу якості електроенергії виділяють дві складові: електромагнітну та технологічну [1]. Електромагнітна складова зв'язана із зміною втрат енергії при передачі. Електромагнітна складова більше пов'язана з нормально допустимими показниками, технологічна складова — з максимально допустимими показниками якості.

Зниження якості електроенергії проявляється у зростанні втрат потужності та енергії, зменшення терміну служби обладнання, технологічних збитках, що включають в себе зменшення виробництва продукції, зниження

випуску неякісної продукції. Технологічні збитки складають до 90...92 % усіх збитків і, як правило, приховані в собівартості продукції. Енергетики замовчують це питання, технологи, як правило, не знають причини технологічних збитків [1].

Показники якості електроенергії (ПЯЕ) нормуються міждержавним стандартом ГОСТ 13109 — 97 [2], який був уведений в Україні 01.01.2000 р. Відхилення напруги це повільна плавна зміна напруги, зумовлена зміною навантаження. Визначається як різниця між фактичним ustalеним U_y і номінальним $U_{ном}$ значеннями напруги даної мережі

$$\delta U_y = (U_y - U_{ном}) / U_{ном} \quad (1)$$

Норми ПЯЕ поділяються на нормально допустимі та гранично допустимі. Нормальні значення мають витримуватися з ймовірністю 0,95, тобто протягом 95 % часу доби ПЯЕ не повинні виходити за межі стандарту. Протягом решти часу (5 %) норми можуть бути вищими [2].

Нормально допустиме та гранично допустиме значення усталеного відхилення напруги в точках загального приєднання споживачів електроенергії до електричних мереж напругою 0,38 кВ та вище дорівнює відповідно ± 5 та ± 10 % номінальної напруги електричної мережі. У після аварійних режимах ПЯЕ не повинні виходити за межі гранично допустимих значень.

Відхилення напруги 5 % допускається для промислових споживачів у Великобританії та Італії [1].

Більшість електроприймачів може працювати і за інших значень відхилення напруги, але при цьому спостерігатимуться відчутні народногос-подарські збитки.

Відхилення напруги, зумовлені повільними процесами зміни навантажень у системі, справляють різний вплив на режим роботи окремих споживачів. Скажімо, тривале підвищення напруги на затискачах електричних двигунів — наймасовіших споживачів енергосистем — призводить до збільшення обертового моменту їх, зменшення ковзання й зростання втрат у сталі двигунів, збільшенню струму холостого ходу і, значить, зменшенню коефіцієнта потужності електродвигунів. Зниження напруги на затискачах електродвигунів призводить до зниження обертового моменту, збільшенню ковзання, зростанню струму статора й зменшенню терміну служби ізоляції електродвигунів[1, 2, 3, 4, 5].

У разі тривалої роботи електродвигуна при зниженій напрузі, зокрема на 90 % номінального значення, строк служби ізоляції двигуна зменшується на 18 — 20 %, що істотно знижує продуктивність технологічних механізмів, які приводить у дію цей двигун. Підвищення напруги на затискачах звичайного асинхронного двигуна на 1 % спричиняє збільшення струму холостого ходу й споживання двигуном реактивної потужності приблизно на 3 %. Але при цьому має місце перехід на нелінійну частину кривої намагнічування і двигун стає джерелом генерацій вищих гармонік напруги. При відхиленнях напруги на затискачах асинхронних двигунів змінюється швидкість ротора, реактивна потужність та втрати активної потужності.

Величина додаткової реактивної потужності δQ в порівнянні з $Q_{ном}$, що споживається АД при $U_{ном}$ приблизно дорівнює

$$\delta Q = \left[K \left((5\delta U)^2 + 3,5\delta U \right) + (K - 1) \frac{(\delta U)^2 + 2\delta U}{(1 - \delta U)^2} K_3^2 \right] Q_{ном}, \quad (2)$$

де δU — відхилення напруги, K_p — додаткові втрати в АД, $K_p = DP : P_{ном}$

При тривалій роботі з пониженою напругою термін служби двигуна зменшується. Відносне старіння ізоляції

$$R = \frac{T_{ном}}{T}, \quad (3)$$

де $T_{ном}$ — термін служби ізоляції при $U_{ном}$ та $K_3 = K_{3,ном}$; T — термін служби ізоляції при відхиленнях δU від $U_{ном}$ та при $K_3 = K_{3,ном}$;

$$K = \begin{cases} (47(\delta U)^2 - 7,55\delta U + 1)K_3^2 & \text{при } -0,2 \leq \delta U \leq 0 \\ K_3^2 & \text{при } +0,2 \geq \delta U \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

K — коефіцієнт, що дорівнює відношенню реактивної потужності, що витрачається на намагнічування сталі при $U_{ном}$ до сумарної реактивної потужності, що споживається двигуном при $K_3 = 1$ та $U_{ном}$.

Активна потужність, що споживається асинхронним двигуном

$$P_{АД} = (K_3 P_{ном} + \Delta P_{ном})(1 + K_p) \quad (5)$$

$$K_p = (11,84K_3^3 - 18,25K_3^2 + 3,9K_3)(\delta U)^3 + (-2,67K_3^3 + 9,5K_3^2 - 3,08K_3 + 1)(\delta U)^2 + (-2,35K_3^3 + 1,55K_3^2 - 0,81K_3)\delta U$$

при $K_3 = 1$

$$K_p = -2,51(\delta U)^3 + 4,75(\delta U)^2 - 0,75 \delta U.$$

Додаткові питомі витрати при експлуатації асинхронних двигунів:

$$Z = 3_1(\delta P + \delta P_n) + \frac{0,2533_{кВ}}{8760} \delta Q - \gamma \delta P_n, \quad (6)$$

де Z — вартість 1 кВт.г., δP — додаткові втрати в двигуні, δP_n — додаткове споживання енергії двигуном внаслідок зміни частоти обертання ротора.

$$\delta_n = \frac{n - n_{ном}}{m_{синхр}} \cdot 100\%,$$

де n — частота обертання при напрузі U та $Kз \neq 1$; $n_{\text{ном}}$ — частота обертання при $U = U_{\text{ном}}$, $n_{\text{синхр}}$ — синхронна частота.

Найбільший вплив відхилення напруги справляє на режими роботи нагрівальних приймачів електричної енергії. Так, зниження напруги на затискачах плавильних печей всього на 5 % від номінального значення збільшує час плавки в 1,5 – 2 рази, знижує світловий потік ламп розжарювання на 18 – 20 %, що може призвести до травматизму працівників. Таким чином, відхилення напруги є однією з найважливіших проблем в системах електропостачання промислових підприємств. Її вирішення є пріоритетним завданням при проектуванні систем електропостачання.

Найжорсткіші вимоги до якості напруги ставлять освітлювальні електроприймачі. Зміна основних параметрів ламп при відхиленнях напруги на їхніх затискачах, що не перевищують ± 10 %, з достатнім ступенем точності описується рівняннями

$$\frac{F}{F_{\text{ном}}} = \left(\frac{U}{U_{\text{ном}}}\right)^n; \quad \frac{P}{P_{\text{ном}}} = \left(\frac{U}{U_{\text{ном}}}\right)^m; \quad \frac{T}{T_{\text{ном}}} = \left(\frac{U}{U_{\text{ном}}}\right)^l; \quad (7)$$

де F , $F_{\text{ном}}$, P , $P_{\text{ном}}$ — дійсні та номінальні значення відповідно світлового потоку, споживаної потужності та терміну служби ламп; U , $U_{\text{ном}}$ — дійсне і номінальне значення напруги на затискачах ламп; n , m , l — показники, які залежать від типу лампи.

Для ламп розжарювання $n = 3,61$, $m = 1,58$, $l = 14$, для люмінесцентних ламп $n = 1,5$, $m = 2,75$, $l = 3,72$, для ламп типу ДРЛ $n = 3$, $m = 1,78$, $l = 3,72$.

Найкритичнішим параметром зміни напруги є термін служби ламп. Підвищення напруги на затискачах ламп розжарювання на 6 % викликає зниження терміну служби на 50 %. Для люмінесцентних ламп ця залежність відображена слабше. Проте, як підвищення, так і зниження напруги на їхніх затискачах небажане. У першому випадку відбувається інтенсивне розпилення оксидної речовини з електродів і перегрів ПРА, у другому — зміна тиску пари ртуті у колбі, що призводить до зниження терміну служби та нестійкого запалювання. Враховуючи, що вартість люмінесцентних ламп у 10 разів вища за вартість ламп розжарювання, навіть зниження терміну служби їх на 20 – 30 % при підвищенні напруги на 10 % викликає значні народногосподарські збитки.

Зниження напруги у ламп розжарювання на 1 % викликає зменшення світлового потоку на 2,7 %, у люмінесцентних ламп — на 1,25 %. Зменшення світлового потоку, у свою чергу, призводить до погіршення санітарно-гігієнічних умов для працюючих і до зниження продуктивності праці. Наприклад, підвищення освітленості вдвічі сприяло підвищенню продуктивності праці в механічних цехах на 12 %, у шовкопрядильних — на 21 %, тобто додаткові затрати на поліпшення освітленості окупляться, і «дорого коштує погане освітлення» [1].

Продуктивність праці:

$$P = \left(1 - \frac{\lg B_{\text{мін}}}{\lg B_p}\right), \quad (8)$$

де $B_{\text{мін}}$ — мінімальна освітленість за вимогами охорони, B_p — реальна освітленість.

Чутливість виробництва до освітленості

$$z_0 = \frac{\tau_p - \tau_M}{\tau_M}, \quad (9)$$

де τ_p , τ_M — сумарні тривалості операцій при відповідних умовах освітленості.

У виробничих цехах з безперервним циклом при відхиленнях напруги на 7...11 % потреба в лампах зростає в три рази.

Технологічні збитки визначаються за характеристиками конкретних машин. Чутливі до відхилень напруги автоматизовані виробництва, насоси та інше. При зниженні напруги на 7 % технологічний процес подовжується на 40...60 %.

Відхилення напруги призводять до зміни продуктивності насосів.

Економічні характеристики насосів моделює рівняння

$$Z = c\delta U + k(\delta U)^2, \quad (10)$$

де $c = -0,087$ грн / кВт, г; $k = -0,345$ грн / кВт, г.

Відхилення напруги впливають на характеристики перетворювачів енергії. При підвищенні напруги збільшується кут регулювання, що призводить до зменшення коефіцієнта потужності перетворювача.

Суттєво чутливі до відхилень напруги термічні установки та електропечі. Зниження напруги призводить до збільшення тривалості технологічних циклів. Продуктивність печей знижується, підвищуються витрати електроенергії, збільшується собівартість продукції. При відхиленнях 10 % з'являється брак.

Реактивна потужність конденсаторних батарей пропорційна квадрату напруги, тому зниження напруги у мережі викликає різке зменшення виданої конденсаторами реактивної потужності і, як наслідок, підвищення споживаної реактивної потужності з зовнішньої мережі й додаткове збільшення втрат напруги. Вказані явища призводять до лавиноподібного зниження напруги й до масового вимкнення двигунів. При цьому спостерігаються такі види народногосподарських збитків: брак продукції, скорочення терміну служби обладнання і застосування понаднормових робіт для до випуску продукції.

Величину збитків при неякісній напрузі можна визначити за виразом

$$Y = \int_0^{+V_{MAX}^1} f(V)\varphi(V)dV + \int_0^{-V_{MAX}^1} f(V)\varphi(V)dV, \quad (11)$$

де $+V_{MAX}^1$ — $-V_{MAX}^1$ — максимальні значення відхилення від $U_{ном}$; V — дійсне значення напруги (позначення для економічних розрахунків); $f(V)$ — економічна характеристика споживача; $\varphi(V)$ — густина ймовірності появи відхилення напруги.

Проте, охарактеризувати якість напруги, а також збитки при погіршенні її, тільки за величиною відхилень недостатньо. Точнішою є оцінка за середнім відхиленням $V_{сеп}$ за розрахунковий проміжок часу T :

$$V_{сеп} = \frac{1000}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} V_{dt}.$$

Широко використовується оцінка за середньоквадратичним відхиленням, введеним Айєра [1]:

$$(V_{ск})^2 = \frac{1000}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} (V)^2 dt. \quad (12)$$

Народногосподарські збитки від неякісної напруги:

$$Y = \sum_{k=1}^n d \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} (V)^2 P(t) dt, \quad (13)$$

де $P(t)$ — миттєве значення активної потужності; d — коефіцієнт, що враховує вид навантаження.

Підінтегральний вираз є одним з основних показників при визначенні економічності роботи мережі й зустрічається під назвою «неоднаковість» напруги.

Втрати потужності у системах електропостачання підприємств залежать від відхилень напруги й визначається за виразом:

$$\Delta P = \beta^2 \Delta P_{нов,ном} \left(\frac{100}{100+V} \right)^2 + P_{х,ном} \left(\frac{100}{100+V} \right)^2, \quad (14)$$

де $\Delta P_{нов,ном}$, $P_{х,ном}$ — втрати відповідно навантажувальні та холостого ходу при номінальній напрузі; V — відхилення напруги, (позначення для економічних розрахунків).

Знизити збитки можна шляхом регулювання напруги на кожному підприємстві харчової промисловості [1, 6], оскільки забезпечити допустимий режим напруги тільки генераторами електростанцій неможливо. Необхідно застосовувати додаткові регульовальні пристрої, причому закони регулювання напруги мають установлюватися з умов забезпечення найекономічнішої спільної роботи джерел реактивної потужності, електричних мереж та електроприймачів. Найперспективнішим є метод регулювання шляхом дії на напругу і на реактивну потужність. При цьому пристрої керування регулятором напруги та КУ мають бути взаємозв'язані чи навіть змонтовані в одному блоці. Необхідність застосування регульовальних пристроїв у

ме-режі визначається, виходячи з одержання максимально можливих передбачуваних втрат напруги у мережах при допустимих відхиленнях напруги на затискачах приймачів [1, 6].

Висновки. 1. При зниженні якості електроенергії зростають електромагнітні та технологічні втрати. Електромагнітні втрати електроенергії проявляються у зростанні втрат потужності та енергії, у зменшенні терміну служби обладнання. Технологічні втрати включають в себе зменшення продукції, зниження якості продукції, випуск неякісної продукції. Технологічні збитки складають до 90...92 % усіх збитків і, як правило, приховані в собівартості продукції.

2. Зниження напруги у ламп викликає зменшення світлового потоку, що в свою чергу, призводить до погіршення санітарно-гігієнічних умов для працюючих і до зниження продуктивності праці. Додаткові затрати на поліпшення освітленості завжди окупляться, і дорого коштує «погане освітлення».

3. На кожному підприємстві слід передбачити засоби регулювання напруги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підручник / Шестеренко В.Є. — Вінниця: Нова Книга, 2011. — 656 с.

2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ.01.01.2000.— К.: Изд-во стандартов, 1998; Госстандарт Украины, с доп. и попр. 1999. — 31 с.

3. ДСТУ 3465-96. Якість електричної енергії. Терміни та визначення. Чинний від 1998-01-01.— К.: Держстандарт України, 1996. — 35 с.

4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України від 25.10.2006.

5. Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.2005 № 910. Зареєстровано в міністерстві юстиції України 18.11.2005 № 1399/11679.

6. Патент України № 7443, G 05 F 1/22. Система регулювання напруги та режиму роботи електричної мережі./ Шестеренко В.Є. — Опубл. 15.06.2005. Бюл. № 6.

Показано влияние некачественного напряжения на электромагнитные и технологические потери, что проявляется в росте потерь мощности и энергии, уменьшении срока службы оборудования и технологических убытках. Таким образом, отклонение напряжения является одной из важнейших проблем в системах электроснабжения промышленных предприятий. Ее решение является приоритетным заданием при проектировании систем электроснабжения. Рассмотрены пути повышения эффективности пищевых производств за счет снижения технологических потерь, вызванных некачественным напряжением. Предложен способ повышения качества напряжения.

Ключевые слова: напряжение, электроэнергия, электрооборудование, ущерб, потери энергии.

O. Danko, V. Shesterenko

Negative influence of off-grade electric power is on an unit cost in food industry

The shown influence of off-grade tension is on electromagnetic and technological losses. The decline of quality of electric power shows up in the increase of losses of power and energy, reduction to tenure of employment of equipment, technological losses, that include for itself reduction to the products, decline of quality of products, producing of off-grade products. Thus, a rejection of tension is one of major problems in the systems of power supply of industrial enterprises. Her decision is foreground job at planning of the systems of power supply. The ways of increase of efficiency of food productions are considered due to the decline of the technological losses caused by off-grade tension. The method of upgrading of tension offers.

Key words: voltage, electric power, electrical equipment, damage, losses of energy.

Одержана редколегією 16.08.2012 р.

УДК 621.316

С.М. БАЛЮТА,
І.Є. ІЗВОЛЕНСЬКИЙ,
В.Є. ШЕСТЕРЕНКО

Національний університет харчових технологій

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Розглянуто шляхи підвищення ефективності компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах. Запропоновано спосіб захисту від перенапруг. Досліджені проблеми впровадження вказаного способу.

Враховуючи наведені пропозиції та засоби захисту при проектуванні чи на реально діючих об'єктах можна значно скоротити витрати реактивної потужності, а також витрати на засоби компенсації.

Ключові слова: втрати потужності, реактивна потужність, асинхронні двигуни, компенсація, захист двигунів,

Електростанції мають обмежені можливості генерування реактивної потужності. Так, генератори потужністю 100 МВт і вище мають $\cos \varphi = 0,8$ або 0,9. Значна частина генерованої реактивної потужності споживається трансформаторами та ЛЕП. Тому в період максимуму навантаження енергосистеми можуть видати підприємствам обмежену кількість реактивної потужності.

При зниженні реактивної потужності, що передається (збільшення $\cos \varphi$), втрати активної потужності зменшуються.

Зниження втрат активної потужності відносно реактивної, що передається, називається економічним еквівалентом. Величина його складає 0,02...0,12 кВт/квар і пропорційна віддаленості від джерела живлення.

У мережах промислового підприємства розподіл споживання реактивної потужності такий: асинхронні двигуни — 70 %, трансформатори — 20 %, освітлювальні та інші електроприймачі — 10 % [1 – 5].

Таким чином, реактивну потужність, що передається до електроприймачів, необхідно знижувати (компенсувати) до економічно обґрунтованого рівня.

При компенсації необхідно враховувати такі загальні вимоги:

- 1) на відміну від активної реактивну потужність можна генерувати в будь-якій точці мережі;
- 2) наближення джерел реактивної потужності до споживачів сприяє розвантаженню мережі;
- 3) баланс реактивної потужності має бути витриманий для всіх вузлів системи електропостачання.

Заходи щодо зниження реактивної потужності, що передається споживачам, можна поділити на дві групи:

а) заходи, що не потребують додаткових капітальних вкладень і спрямовані на раціоналізацію режимів роботи електрообладнання у напрямку зменшення реактивних навантажень;

б) заходи з додатковими капітальними вкладеннями, які полягають у встановленні спеціальних джерел реактивної потужності.

Першочерговою при проектуванні є перша група заходів. Але недостатні можливості її вимагають застосування спеціальних пристроїв для компенсації.

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.

Розміщуючи конденсатори у мережі промислового підприємства, необхідно враховувати, що існують індивідуальна, групова та централізована компенсація реактивної потужності [1 – 5].

При індивідуальній компенсації конденсаторна установка підключається до затискачів електроприймача без комутаційних апаратів. Цей вид компенсації слід застосовувати тільки у відносно крупних електроприймачів з великим числом річних робочих годин. Індивідуальна компенсація дозволяє розвантажити від реактивних струмів усю мережу виробничого підприємства. Проте цей спосіб потребує значних капітальних вкладень. Крім того, час роботи компенсуючих пристроїв залежить від тривалості вмикання електроприймача, бо з вимкненням з мережі його вимикається і конденсаторна батарея.

У разі групової компенсації конденсаторна установка підключається до шинопроводів або до шин розподільних пунктів мережі 0,38 кВ. Цей спосіб дозволяє збільшити час використання конденсаторів. Проте частково мережі напругою 0,38 кВ стають завантаженими реактивною потужністю.

При централізованій компенсації конденсаторна установка підключається:

- 1) до шин 0,4 кВ ТП;
- 2) до шин 6...10 кВ РП;
- 3) до шин 6...10 кВ ГПП.

У першому випадку від реактивної потужності розвантажуються вся високовольтна мережа й трансформатори ТП; у другому — тільки частина високовольтної мережі й трансформатори ГПП; у третьому — тільки трансформатори ГПП і мережі енергосистеми.

Як правило, люмінесцентні світильники обладнані конденсаторами і освітлювальні мережі окремої компенсації не потребують.

В силових мережах основним споживачем реактивної потужності є асинхронний двигун. Внаслідок великої різнотипності досить важко дати чіткі рекомендації по вибору потужності конденсаторів.

В табл.1. приведені рекомендації по вибору КУ в залежності від потужності двигуна.

Потужність конденсаторів в табл.1. вибрана за умовами недопущення самозбудження двигунів після вимкнення їх з електричної мережі.

Таблиця 1. Потужність КУ для індивідуальної компенсації

P , кВт	Q , квар	ΔI , %
2...5	1...1,5	20
6...10	2,5...4	15
11...15	4...5	15
16...25	5...6	12
26...40	6...10	11
41...60	10...13	9
61...75	13...20	9
76...100	20...25	9
110...150	26...35	9
160...200	40...45	8
210...300	50...70	8
310...450	70...75	7
460...500	80...90	6

де P — номінальна потужність двигуна, ΔQ — рекомендована реактивна потужність конденсатора для індивідуальної компенсації, I % — величина, на яку зменшується струм в лінії живлення двигуна при індивідуальній компенсації.

При самозбудженні напруга на затискачах двигуна зростає пропорційно струму конденсатора та швидкості ротора двигуна. Величина напруги може піднятися до 160 % $U_{ном}$.

Якщо двигун повторно вмикається в період самозбудження, розвивається потужний перехідний процес, оскільки фаза напруги самозбудження рідко співпадає з фазою напруги електричної мережі. На обмотки та вал двигуна діють електродинамічні сили, які в декілька

разів вищі за ті, що зустрічаються при нормальній роботі. Особливо це стосується двигунів з інерційним навантаженням. Тому рекомендується всі двигуни з індивідуальною компенсацією перевірити на процес самозбудження, підключаючи вольтметр на затискачах двигуна [1].

Збільшити потужність конденсаторної установки індивідуальної компенсації реактивної потужності двигуна можна шляхом підключення конденсаторів до затискачів двигуна через автоматичний вимикач, що обладнаний електромагнітом дистанційного відключення, паралельно затискачам двигуна підключають реле максимальної напруги, сигнал керування з реле подають на електромагніт автоматичного вимикача і відключають конденсаторну установку при підвищенні напруги безпосередньо на двигуні, як при нормальній роботі двигуна, так і під час перехідних процесів в моменти відключення двигуна від мережі [1]. Цей спосіб дозволяє повністю компенсувати реактивну потужність двигуна, що дозволило знизити втрати електроенергії в мережі. При виникненні самозбудження двигуна КУ миттєво відключається.

Рекомендоване застосування КУ напругою 6...10 кВ [1 – 5] 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.

Вказівки по компенсації рекомендують до кожної секції розподільчої підстанції (РП) напругою 6...10 кВ підключати КУ однакової потужності, але не менш як 1000 квар [3]. При цьому регулювання реактивної потужності практично виключається, оскільки ретроспективний аналіз показує, що сумарна потужність всіх КУ на діючому пересічному підприємстві середньої потужності знаходиться в цих межах. Споживання реактивної потужності протягом доби нерівномірне. Режим роботи всіх джерел реактивної потужності повинен відповідати графіку споживання реактивної потужності. Потужність КУ необхідно змінювати в залежності від графіка споживання реактивної потужності. Застосування конденсаторів індивідуальної компенсації дозволяє відмовитися від складних та дорогих пристроїв регулювання потужності конденсаторних установок, якими необхідно комплектувати установки централізованої компенсації на трансформаторних підстанціях. Системам же компенсації реактивної потужності підприємств притаманна ієрархічна структура та висока складність. Критерієм оптимальності при оперативному керуванні компенсацією є мінімум втрат електроенергії.

Коефіцієнт ефективності використання КУ (1):

$$\Psi = \frac{\sum_1^n Q_i t_i}{T \sum_1^n Q_i}, \quad (1)$$

де Q_i — реактивна потужність КУ, квар; t — тривалість роботи КУ протягом року, год; T — тривалість роботи підприємства за рік, год.

Змінюючи коефіцієнти ефективності використання джерел реактивної потужності можна підвищити показники пристроїв з низьким коефіцієнтом корисної дії. Максимальне значення потужності КУ (2)

$$Q_M = M(Q_x) + \beta \delta_x, \quad (2)$$

де $M(Q_x)$ — математичне чекання реактивної потужності, що споживається в мережі, δ_x — середньоквадратичне відхилення цієї потужності, β — кратність міри розсіювання.

Втрати електричної енергії (3)

$$\Delta W_i = \frac{r_i}{U_{НОМ}^2} \sum_{k=1}^{\omega} T_k [M_k(P_i^2) + M_k(Q_i^2)], \quad (3)$$

де $M_k(P_i^2)$ — математичне чекання квадрату активної потужності, $M_k(Q_i^2)$ — математичне чекання квадрату реактивної потужності, ω — кількість інтервалів стаціонарності та ергодійності, T_k — тривалість цих інтервалів.

Для вибору компенсуючих пристроїв досить мінімізувати функцію (4)

$$f = \sum_{i=1}^n r_i [M^2(Q_i) + D(Q_i)], \quad (4)$$

де $M(Q)$ — математичне чекання Q на i -й ділянці мережі, $D(Q)$ — дисперсія значення цієї потужності.

Висновки. 1. Вартість втрат електричної енергії зростає значно швидше, ніж питома вартість конденсаторів, що дозволяє забезпечити всі асинхронні двигуни конденсаторами індивідуальної компенсації і суттєво знизити втрати в електричних мережах промислових підприємств напругою до 1 кВ.

2. Застосування конденсаторів індивідуальної компенсації дозволяє відмовитися від складних та дорогих пристроїв регулювання потужності конденсаторних установок, якими необхідно комплектувати установки централізованої компенсації на трансформаторних підстанціях.

3. Захист двигуна від режиму самозбудження можна здійснити шляхом підключення конденсаторів до затисків двигуна через автоматичний вимикач, що обладнаний електромагнітом дистанційного відключення, паралельно затискачам двигуна підключають реле максимальної напруги, сигнал керування з реле подають на електромагніт автоматичного вимикача і відключають конденсаторну установку при підвищенні напруги безпосередньо на двигуні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України № 34943, Н02J 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.

2. Патент України № 52809, Н02 J 3/12. — Оптимальний спосіб використання резервної дизельної електростанції — / Балюта С.М. Шестеренко В.Є., — Опубл. 10.09.2010. Бюл. № 17.

3. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: підручник / Шестеренко В.Є. — Вінниця: Нова Книга, 2011. — 656 с.

4. Патент України № 62323, Н02J 3/12, Спосіб реєстрації реального терміну служби трансформатора — / Шестеренко В.Є., Балюта С.М., Сірий О.М. — Опубл. 25.08.2011. Бюл. № 16.

5. Сірий О.М. Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств / О.М. Сірий, В.Є. Шестеренко. — К.: ІСДО, 1993. — 592 с.

Рассмотрены пути повышения эффективности компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях. Предложен способ защиты от перенапряжений. Исследованы проблемы внедрения указанного способа.

Учитывая приведенные предложения и способы защиты при проектировании или на реально действующих объектах можно значительно сократить расход реактивной мощности, а также затраты на устройства компенсации.

Ключевые слова: потери мощности, реактивная мощность, асинхронные двигатели, компенсация, защита двигателей

S. Baluta, I. Izvolenskiy, V. Shesterenko *Reactiv power compensation of induction motors*

The ways of increasing operation efficiency of reactive power compensation on the plants are considered. Small capacitor units may be connected at the individual loads. Greater power — factor corrective effect for a given total capacitor kilovolt — ampere will result with the capacitors located directly at each individual load, since the current is thereby reduced all the way from the load to the source. The first cost of an installation of individual capacitors will be greater, however, than that for one unit of the same total kilovolt—amperes located at a central point. The greater saving in operating expense due to individual capacitors must be weighed against their increased first cost. The locking circuit against high voltage is presented. The problems of its engineering implementation are considered.

Key words: reactive power, induction motor, compensation.

Одержана редколлегією 25 лютого 2012 р.

УДК 621.798

А. О. ЧАГАЙДА*Національний університет харчових технологій, м. Київ*

ЕНЕРГОНАКОПИЧУВАЛЬНІ СИСТЕМИ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Дослідженнями визначено особливості енергозабезпечення технологічних систем в харчових технологіях на основі сукупності замкнутих енергетичних контурів і енергетичних накопичувальних систем. Наведено схеми влаштування енергетичних накопичувальних систем.

Ключові слова: енергія, трансформації, накопичувальні системи, параметри, потенціали.

У більшості випадків в харчових технологіях передбачається організована взаємодія між матеріальними і енергетичними потоками, результатом якої є трансформації сировини і перетворення останньої у відповідну продукцію. При цьому енергетичні потоки представлені хімічною енергією перероблюваної сировини та первинних енергоносіїв, електричною, тепловою та механічною енергіями.

Створення кожної технології передбачає певну послідовність і процедуру взаємодії матеріальних і енергетичних потоків з передбачуваною мінімізацією енергетичних витрат. Останнє стосується всіх використовуваних енергетичних потоків безпосередньо з трансформаціями між собою. З числа використовуваних видів тепла енергія займає особливе місце, оскільки всі інші види енергії практично повністю трансформуються у теплову, проте зворотні перетворення помітно обмежені [1 – 3]. Вказані особливості означають присутність енергообміну з навколишнім середовищем, що у більшості випадків слід оцінювати енергетичними втратами, еквівалентними загальному енергоспоживанню виробництвами. З аналізу цих співвідношень витікає висновок про важливість організації технології переробки сировинних потоків з точки зору інтересів і можливостей рекуперації і відповідної трансформації рекуперованих енергетичних потоків. Це стосується як виробництва в цілому, так і окремих ділянок і процесів. Наприклад, для ідеалізованої технологічної організації виробництва досягається можливість створити рекупераційний замкнутий контур енергокористування, за якого первинні енергоносії використовуються лише для компенсації нетехнологічних витрат в навколишнє середовище. Однак при цьому присутні режими, які відповідають запуску системи, усталеному режиму зі стабілізованими параметрами і завершенню циклу роботи. Очевидно, що рекупераційне повернення енергетичних потоків, які слід оцінювати вторинними, можливе для періодів усталених режимів. Разом з тим запуск системи потребує підвищених енергетичних витрат з різницею по рівню рекупераційних потоків, а завершення циклу роботи означає майже неминущі втрати енергетичного потенціалу системи в навколишнє середовище. Єдиним виходом для обмеження втрат такого потенціалу є використання енергонакопичувальних систем, обмеження частоти виробничих циклів і перехід до систем безперервної дії.

Створення замкнутих контурів енергокористування на основі рекуперації енергоматеріальних потоків рівноправно може використовуватися для окремих виробничих ділянок і процесів. Їх функціонування в значній мірі залежить від наявності енергонакопичувальних систем.

У зв'язку з викладеним метою цього дослідження визначено оцінку перспектив використання енергонакопичувальних систем в харчових технологіях.

Створення енергетичних накопичувальних систем (ЕНС) здійснюється з врахуванням, перш за все, їх призначення. Традиційне використання ЕНС стосується обмеження енергетич-

них втрат в навколишнє середовище. Прикладом таких традиційних підходів і втрат назвемо теплову енергію синтезу мікроорганізмів, процесів зброджування виноматеріалів, пива, цукровмістких середовищ, зброджування тіста і випікання хліба, переробку молока з режимами нагрівання і охолодження, процеси виробництва м'ясопродуктів тощо. До названого ланцюжка технологій слід додати одне з найбільших досягнень технічної думки, яке стосується зворотного циклу Карно і влаштування холодильних машин (ХМ). Позитивною ознакою останніх є реалізація задачі, що формулювалася спеціалістами з термодинаміки на рівні «демона Максвелла», завданням якого вбачалося сортування молекул різного енергетичного рівня і, таким чином, перерозподіл енергетичного потенціалу навколишнього середовища.

З певним наближенням останню задачу вирішують холодильні машини і їх подальше продовження у формі теплових насосів. В традиційних системах холодильних машин роль накопичувача теплової енергії відіграє навколишнє середовище в результаті взаємодії енергетичних потенціалів в їх контурах з матеріальними потоками повітря або води в конденсаторах ХМ. Перехід до теплового насоса на тій же матеріальній основі і за інших рівних умов означає не лише можливість трансформації теплової енергії, а і здійснення надбудови для створення ЕНС. Останнє потребує присутності енергоматеріального накопичувача або комбінації останнього з можливістю небалансу теплової енергії в навколишнє середовище.

Визначення параметрів енерго- і матеріалонакопичувальних пристроїв здійснюється на сукупності відповідних матеріальних і енергетичних балансів. Загальна масова місткість накопичувача конденсаторної води за відомого енергетичного навантаження $Q_{\text{кон}}$,

$$m_{\text{к.в.}} = \frac{Q_{\text{кон}}}{c_{\text{т.н.}} \Delta t}, \quad (1)$$

де $c_{\text{т.н.}}$ — теплоємність теплоносія; Δt — різниця температур теплоносія на вході в конденсатор і на виході з нього.

Очевидно, що в таких випадках теплоносій повинен програмовано передавати свій потенціал на технологічні потреби в дискретному або в безперервному режимах роботи. Реалізація таких можливостей потребує певних трансформацій порівняно зі звичайними схемами відведення теплової енергії від конденсатора теплового насоса. Схема системи, яка дозволяє утилізувати останню в різних режимах, наведена на рис. 1.

При цьому можливими є наступні варіанти.

Варіант 1. працює контур у складі насоса 3, технологічного теплообмінного апарата 2. Накопичувачі 5 та 6 від системи відключені. Температурний режим на конденсаторі 1 підтримується за рахунок тепловідведення від теплообмінника 2.

Варіант 2. Тепловий насос не працює, а в дії є накопичувач 5, насос 4, теплообмінник 2, накопичувач 6 і відповідна арматура.

Варіант 3. Працює тепловий насос, насос 3, часткове навантаження має теплообмінник 2 і одночасно заповнюється накопичувач 5. З еквівалентною кількістю здійснюється поповнення системи з накопичувача 6.

Варіант 4. Тепловий насос працює, насос 3 забезпечує подавання теплоносія в накопичувач 5, теплообмінний апарат відключено, поповнення системи здійснюється за рахунок накопичувача 6.

Очевидно, що робота системи по рис. 1 повинна узгоджуватися з роботою теплового насоса на охолодження середовищ або про-

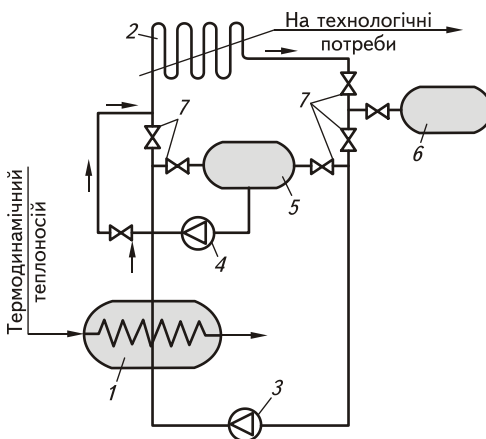


Рис. 1. Схема системи утилізації теплової енергії конденсатора в різних режимах роботи: 1 — конденсатор теплового насоса; 2 — технологічний теплообмінний апарат; 3, 4 — насоси; 5, 6 — накопичувачі; 7 — запірні арматура

міжних теплових агентів. Необхідність використання холодильних машин з заданою холодопродуктивністю визначається технологічними потребами і режимами їх реалізації. Наприклад, десятки тон молока, що поставляються на молокопереробні заводи, в обмеженому часі необхідно охолодити до 1 – 2 °С. При цьому поставки припадають на ранкові години, в які навантаження не електричну мережу самі по собі достатньо високі. В подібних ситуаціях доцільним є використання накопичувального пристрою з проміжним енергоносієм, охолодження якого здійснюється в нічні години зі зниженими тарифами на електроенергію. На початку двотисячних років вартість нічного споживання електроенергії приблизно у 10 разів була нижчою за енергію денного споживання. Відгуком на цю ситуацію стає використання акумуляторів холоду. В загальних випадках їх доцільно створювати на основі компресійних аміачних або фреонових технологій, а за проміжний теплоносіє використовувати 50%-ну суміш метилового спирту і води, яка подається в накопичувач. При цьому можуть використовуватися фазові переходи речовин на основі гідратних солей при температурах близько — 10 °С і температурах теплоносія біля — 13 °С. В ємкості об'ємом 2000 м³ вдається акумулювати до 10 МВт·год.

Однак перехід до від'ємних температур середовищ в енергонакопичувальних пристроях не є обов'язковим. Наприклад, для безалкогольних виробництв пропонується дещо інша схема, в якій акумулятором холоду виступає технологічна вода. Нехай холодопродуктивність холодильного агрегату становить 295 кВт, тоді за 8 годин роботи маємо:

$$Q_x = 295 \cdot 3600 \cdot 8 = 8,496 \cdot 10^6 \text{ кДж,}$$

При цьому загальна маса охолодженої технологічної води дорівнює:

$$m = \frac{Q_x}{c\Delta t} = \frac{8,496 \cdot 10^6}{4,19 \cdot 18} = 112650 \text{ кг,}$$

що відповідає об'єму 112,65 м³ води, де

$$\Delta t = t_{в.н.} - t_{в.к.} = 20 - 2 = 18^\circ\text{C,}$$

де $t_{в.н.}$ і $t_{в.к.}$ — відповідно початкова і кінцева температури технологічної води.

Технологічна схема цього випадку наведена на рис. 2.

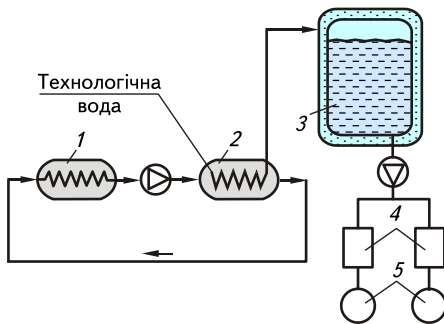


Рис. 2. Технологічна схема

системи з акумулятором холоду:

1 — кипарник; 2 — теплообмінний апарат; 3 — ємність для зберігання охолодженої технологічної води; 4 — сатураційні установки; 5 — фазувальні автомати

2. Енергетичні накопичувальні пристрої ефективні при використанні у випадках дискретних технологічних систем і систем з несинхронізованими у часі матеріальними потоками.

3. Створення енергетичних замкнутих контурів є доцільним для окремих ділянок і процесів в загальній технології систем.

Безпосереднє охолодження і зберігання технологічної води є помітною перевагою, оскільки у порівнянні з описаною технологією виключається додатковий контур. Окрім того, ця схема ґрунтується на існуючому обладнанні, до якого додається лише ємність для зберігання холодної води.

Висновки. Виконаний аналіз щодо доцільності пошуку і використання раціональних співвідношень первинних і вторинних енергетичних потенціалів дозволяє відмітити наступне.

1. Створення замкнутих енергетичних контурів доцільно здійснювати на основі взаємодій синхронізованих матеріальних потоків в усталених режимах роботи системи. Ефективність використання таких ЕНС залежить від подовження циклів безперервної роботи технологічних систем.

4. Поєднання накопичувальних пристроїв з низькотемпературними теплоносіями з нічними режимами холодильних машин супроводжується такими позитивними наслідками, як знижені тарифи на електроенергію і покращенням умов роботи конденсаторів за термодинамічними параметрами.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування* / [Соколенко А.І., Костін В.Б., Васильківський К.В. та ін.]. — К.: АртЕк, 2000. — 306 с.
2. *Енергетичні ресурси матеріальних потоків в харчових технологіях* / [Шевченко О.Ю., Миколів І.М., Романюк А.М. та ін.] // Харчова промисловість. — К.: НУХТ, № 10 — 11. — С. 308 — 312.
3. *Максименко І.Ф.* Теплові потоки варочного відділення пивзаводів / Максименко І.Ф., Бойко О.О., Осауленко Ю.В. // Харчова промисловість. — К.: НУХТ, № 10 — 11. — С. 213 — 216.

Исследованиями определены особенности энергообеспечения технологических систем в пищевых технологиях на основе совокупности замкнутых энергетических контуров и энергетических накопительных систем. Приведены схемы устройства энергетических накопительных систем.

Ключевые слова: энергия, трансформации, накопительные системы, параметры, потенциалы.

A.O. Chagayda

Phase transitions in building technologies closed circuit energy use

Investigated and determined the parameters of phase transitions of materials that meet the possibilities of using them as a battery of heat energy. It is established that the list of substances restricted, including in connection with the peculiarities of food technology.

An important feature of phase transitions in systems of liquid and vapor phases is the potential for energy conversion, achievement of which is accompanied by increased vapor pressure due to mechanical or thermal compression. Given the calculated dependence.

Key words: phase transitions, heat transfer, transformation, energy potential.

Одержана редколлегією 10.05.12 р.

УДК 664.51

**В.М. КРИВОРІТЬКО,
А.І. СОКОЛЕНКО,
О.М. СЕМЕНОВ**

Національний університет харчових технологій

ЗАМКНЕНІ КОНТУРИ ЕНЕРГОКОРИСТУВАННЯ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Наведено інформацію щодо доцільності створення локальних замкнених контурів енергокористування, визначено необхідні і достатні умови їх існування. Складено перелік складових схем енергетичних трансформацій на основі замкнених локальних енергетичних контурів. Представлено схеми реалізації систем з рекуперацією і регенерацією енергетичних потоків.

Ключові слова: енергія, контур, теплота, накопичувач, рекуперація, регенерація.

Значна кількість харчових технологій складається з сукупності процесів, що характеризуються різними температурами, тисками, співвідношеннями фаз і потоків, термодинамічними параметрами, енергетичним насиченням тощо. Це створює значні технічні і технологічні складності під час реалізації енергозберігаючих заходів в загальних комплексних схемах, а інколи і неможливість їх реалізації [1 – 4].

Разом з тим аналіз окремих процесів, що відповідають локальним технологічним зонам, у більшості випадків приводить до висновку про можливість створення замкнених контурів їх енергетичного забезпечення. Саме завдяки останньому відбуваються хімічні та біохімічні реакції, механічні та термодинамічні перетворення і взаємодії, що супроводжуються виділенням або поглинанням енергії та змінами термодинамічних параметрів сировинних потоків, які за необхідності регламентуються технологією.

У більшості випадків трансформації стосуються одержання і використання теплової енергії, а знак перетворень відповідає закону збереження енергії у наступній формі: якщо утворення будь-яких з'єднань супроводжується виділенням (або поглинанням) деякої кількості теплоти, то їх розкладання в таких же умовах та ж кількість теплоти поглинається (або ж виділяється).

При цьому нагадаємо, що теплові ефекти реакцій відносяться до одного моля утвореної речовини у формі теплоти синтезу певного з'єднання, а термохімічні розрахунки виконуються на основі закону Гесса, який визначає, що тепловий ефект реакції залежить тільки від початкового і кінцевого стану речовини.

В харчових технологіях використовуються біохімічні і енергетичні перетворення матеріальних потоків як в напрямку розкладання органічних речовин, так і у зворотному напрямку синтезу більш складних. Останнє є характерним для бродильних технологій або технологій мікробного синтезу.

Оскільки трансформації матеріальних потоків відбуваються завдяки енергетичним впливам, то для реалізації замкнених енергетичних контурів необхідно і достатньо відновити параметри вторинних енергетичних потоків і повернути їх на вхід в локальну зону замість скидання у навколишнє середовище.

Метою енергетичних трансформацій в харчових технологіях є обмеження енергетичних витрат, поглиблена утилізація енергоматеріальних потоків, інтенсифікація процесів енерго-

та масообміну, концентрація енергетичних впливів, підвищення якісних показників вихідних матеріальних потоків, екологічна та економічна доцільність. При цьому кожна із названих складових мети потребує введення додаткової або відповідної трансформації існуючої в системі енергії у відповідності до наступного переліку.

1. Енергетична рекуперация — заходи щодо повернення в цикл теплової енергії за рахунок нагрівання (охолодження) вхідних матеріальних потоків і охолодження (нагрівання) вихідних;

2. Регенерація — відновлення термодинамічних властивостей робочого агента (повітря, сушильного агента, проміжного холодильного агента) або середовища за показниками тиску, температури, концентрації розчинених газів тощо;

3. Підвищення термодинамічних параметрів вихідних парових, газових або парогазових потоків за рахунок підведення до них теплової енергії або механічним стисканням і утилізація як вторинних енергоносіїв;

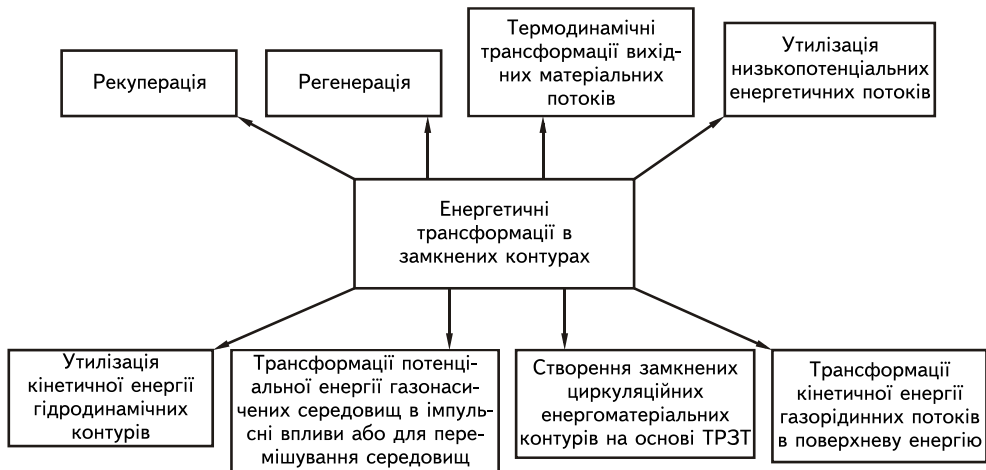


Рис. 1. Структурна схема енергетичних трансформацій на основі замкнених енергетичних контурів

4. Утилізація низькопотенціальних енергетичних потоків з перетворенням їх у високопотенціальні тепловими насосами і створення умов їх використання;

5. Накопичення і реалізація енергетичних теплових потенціалів в рідинних або парорідинних середовищах у формах, запропонованих дискретно-імпульсними технологіями;

6. Реалізація теплових енергетичних потенціалів середовищ переведенням їх у термодинамічно незрівноважений стан за рахунок адіабатного кипіння в умовах вакуумування;

7. Накопичення і реалізація потенціальної енергії розчинених газів в режимах насичення і прискореної десатурації (або деаерації) за обробки вологовмістких середовищ.

8. Накопичення в середовищах розчиненого діоксиду вуглецю за підвищених тисків і переведення їх в термодинамічно незрівноважений стан різким зниженням тисків (ТРЗТ) та організація циркуляційних контурів і кавітаційних явищ;

9. Трансформації кінетичної енергії програмованих газорідних потоків циркуляційних контурів з їх перепрограмуванням в енергію створення міжфазної поверхні поділу фаз.

10. Об'єднання процесів зброджування цукровмісних середовищ і простої перегонки. Кожна з названих позицій характеризується можливістю створення на їх основі замкнених енергетичних контурів. Структурну схему енергетичних трансформацій наведено на рис. 1.

Хоча стосовно всіх наведених прикладів термодинамічні трансформації енергетичних потоків потребують додаткових енерговитрат, однак такі «вкладання» дозволяють одержати їх надзвичайну ефективність. При цьому співвідношення повернутих у цикли енергетичних ресурсів і витрат на таку реалізацію складають десятки і, навіть, сотні одиниць в режимах усталених процесів. Особливо високі рівні ефективності енергетичних трансформацій відповідають проце-

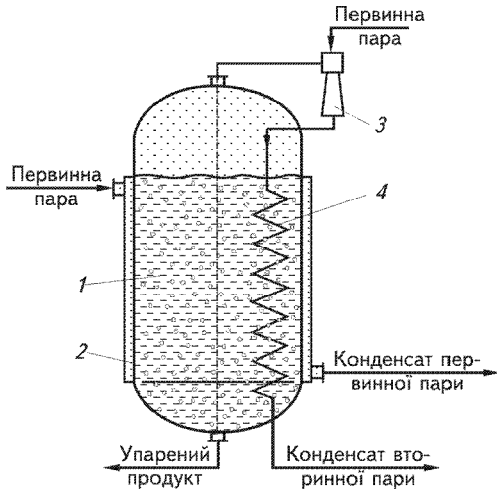


Рис. 2. Схема випарного апарата з циркуляційним контуром рекуперації випару: 1 — випарний апарат; 2 — сорочка випарного апарата; 3 — термоежекторний апарат; 4 — конденсатор вторинної пари

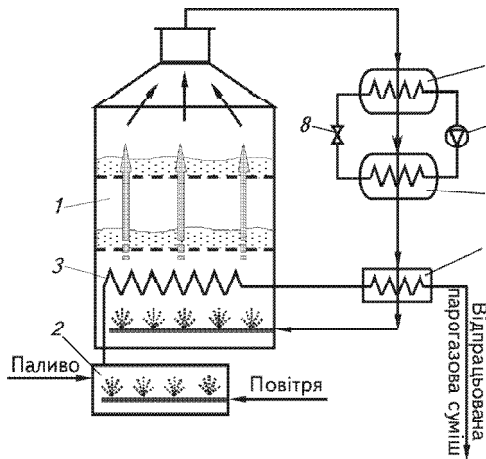


Рис. 3. Схема сушарки солоду з замкненим енергетичним контуром сушильного агента: 1 — сушарка; 2 — теплогенератор; 3 — калорифер контуру сушильного агента; 4 — калорифер-підігрівач; 5 — випарник теплового насоса; 6 — компресор; 7 — конденсатор; 8 — регулювальний вентиль

Таким чином, подвійний фазовий перехід забезпечує режим утримання енергетичного потенціалу в замкненому контурі сушарки.

Висновки. 1. Поняття «замкнений енергетичний контур» є визначальним і стосується всього переліку структурної схеми енергетичних трансформацій.

2. Відновлення можливостей багатократного використання енергетичних потенціалів систем можливе за рахунок введення в них додаткових енергоресурсів у формі теплової енергії або механічного стиснення газових, парових та парогазових потоків.

сам з рідинними матеріальними потоками, в складі яких генеруються потоки вторинної пари. Оскільки теплота пароутворення і конденсації між собою однакові і відносно мало залежать від термодинамічних параметрів тисків і температур, то достатньо підвищити вказані потенціали вторинних парових потоків для забезпечення теплопередачі в середовище їх генерування. На рис. 2 наведено принципову схему одностадійної випарної установки, яка відповідає такому випадку. На початковій стадії роботи установки відбувається нагрівання середовища паровою сорочкою до температури кипіння, від якої настає стадія усталеного режиму, за якого термоежекторний апарат відсмоктує вторинну пару, стискає її і передає в конденсатор. Від початку роботи термоежекторного апарата подавання первинної пари в сорочку випарного апарата припиняється або зменшується.

На рис. 3 наведено схему сушарки солоду з тепловим насосом для регенерації властивостей сушильного агента (повітря). Термодинамічна доцільність такого влаштування пов'язана з тим, що сушіння є ізоентальпійним процесом, в якому енергетичний потенціал парогазового потоку не змінюється за змінних значень термодинамічних параметрів. При цьому потік газової фази поповнюється паровою фазою, в результаті генерування якої температура цієї суміші зменшується. Однак присутність парової фази в потоці означає стабільне значення енергетичного потенціалу в системі.

Регенерація первинних властивостей сушильного агента пов'язана з повторним фазовим переходом парової фази в рідину, який здійснюється у випарнику теплового насоса. При цьому теплота конденсації сприймається холодильним агентом теплового насоса і конденсат виводиться з системи, а повітряний потік за термодинамічними показниками регенерується в конденсаторі теплового насоса. У відповідності до наведеної схеми система складається з двох замкнених контурів енергетичного забезпечення. До них відносяться контур повітря (сушильного агента) і контур холодильного агента теплового насоса.

3. Фазові переходи речовин в запропонованих схемах стосуються основних матеріальних потоків або потоків речовин в додаткових циркуляційних контурах і виконують роль потужного підсилення енергетичних потенціалів.

4. Енергоекономічна доцільність створення локальних замкнених контурів має стати найближчою перспективною удосконалення харчових технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. — К.: Люксар, 2005. — 443 с.

2. Соколенко А.І. Справочник специалиста пищевых производств: книга 2. Теплофизические процессы. Энергосбережение / Соколенко А.И., Украинец А.И., Яровой В.Л. и др. — К.: АртЕк, 2003. — 432 с.

3. Demirel Y. Thermoeconomics of seasonal latent heat storage system / Demirel, Y., Ozturk H.H. // International Journal of Energy Research. — 2006. — № 30. — P. 1001 – 1012.

4. Hammond G.O. Engineering sustainability: Thermodynamics, energy systems, and the environment / G.O. Hammond // International Journal of Energy Research. — 2004. — 28. — P. 613 – 639.

Приведена інформація о целесообразности создания локальных замкнутых контуров энергопользования, определены необходимые и достаточные условия их существования. Составлен перечень составляющих схем энергетических трансформаций на основе замкнутых локальных энергетических контуров. Представлены схемы реализации систем с рекуперацией и регенерацией энергетических потоков.

Ключевые слова: энергия, контур, теплота, накопитель, рекуперация, регенерация.

V.M. Kryvorotko, A.I. Sokolenko, O.M. Semenov ***Closed path of energy use in the food technologies***

The information concerning the advisability of creating local energy use closed contours, defined the necessary and sufficient conditions for their existence. Compiled list of constituents schemes of energy transformation from closed local energy contours. The scheme of system with recuperation and regeneration of energy flows.

Restoration opportunities reusable energy potential of possible due to the introduction of these additional energy in the form of heat or mechanical compression of gas, steam and combined cycle flows.

Energy efficient feasibility of establishing a local closed circuits has become a promising immediate improvement of food technology.

Key words: energy, contour, heat, drive recovery, regeneration.

Отримано редколегією 24.01.2013 р.

Н.І. ЖУЖУКІНА

Національний університет харчових технологій

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДПРИЄМСТВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ГОСПОДАРЮВАННЯ

В статті розглянуті тенденції трансформації підприємств в наслідок диверсифікації, інтеграції, аутсорсингу їх виробничої діяльності, створення мереж підприємств та кластерів.

Ключові слова: підприємство, аутсорсинг, диверсифікація, інтеграція, мережа, кластер.

Зміни умов господарювання останнім часом відбуваються швидко та еkleктично. Це призводить до суттєвих змін форм організації виробництва та бізнесу, при цьому ці процеси відбуваються на стільки швидко, що регламентуючі документи не встигають враховувати ці зміни. Процеси які відбуваються в реальній економіці з трансформацією підприємств потребують узагальнення та систематизації принаймні для того, щоб розробити адекватну їм документацію реєстрації та ведення підприємницької діяльності. Саме це спонукало автора розглянути особливості трансформації підприємств в сучасних умовах.

Питанням в організації виробництва економічна наука приділяла велику увагу на протязі всього часу, намагаючись знайти найбільш доцільні та ефективні форми організації виробництва, які б відповідали моделям економічної діяльності країни. Свого часу в умовах планово-розподільчої системи велике значення приділяли концентрації виробництва, потім з'явився інтерес до інтеграційних процесів.

Сучасні дослідники розглядають теоретичні засади активізації інтеграційних процесів (А. Бутиркін, М. Долішній, О. Корольчук, О. Уільямсон, та інші), створення кластерів (В. Базилевич, І. Бураковський, М. Войнаренко, В. Губський, В. Гаєць та інші), мереж (І. Стрелець, В.П. Третьяк, М. Уорнер, Р. Меєр) та інші зміни в організації виробництва та бізнесу. Разом з тим вважаємо необхідним розглянути як всі ці процеси впливають на трансформацію основного суб'єкта господарювання — підприємства.

Прадавньою формою організації виробництва, яка і досі закладена в основу галузевого розподілу підприємств та їх цехової організації, є спеціалізація, тобто розподіл праці по видах діяльності (подетальна, технологічна та предметна спеціалізація). Розвитком спеціалізації в сучасних умовах можна вважати аутсорсинг, який передбачає вивід за межі підприємства функцій, які були традиційними в організації діяльності підприємства. Так, у малому бізнесі широко використовують аутсорсинг економічних та облікових видів діяльності, коли бухгалтерські звіти, для цих підприємств, складаються приватними бухгалтерами чи фірмами поза межами підприємства. Це дає можливість підприємцям зменшити витрати на утримання цих служб та оптимізувати податки через зменшення кількості найманих робітників. Інший напрямок аутсорсингу спостерігається в діяльності великих компаній, які переносять свої виробничі майданчики у країни з дешевою робочою силою чи сировинними ресурсами. Такий його напрямок призводить до появи мережі підприємств.

Обмежений доступ до ресурсів, боротьба за споживача, обумовили появу процесу протилежного спеціалізації, а саме диверсифікації виробництв. Диверсифікація передбачає відхилення від вузької спеціалізації, урізноманітнення постачальників (вхідна диверсифікація),

споживачів (вихідна диверсифікація) та виробництва (виробнича диверсифікація). Виробнича диверсифікація може бути звичайною, тобто модифікація відбувається в межах основного виду діяльності, та конгломеративною (не звичайною), коли підприємство розширює свою діяльність за рахунок видів бізнесу абсолютно не пов'язаних з базовими. Звичайна диверсифікація дає можливість збільшити кількість споживачів, а конгломеративна зменшити ризики в діяльності підприємства.

Спеціалізація, як базова форма організації виробництва, потребує кооперації. Розвиток цієї форми, особливо в умовах створення об'єднань підприємств, призвів до більш складної форми зв'язків, а саме інтеграційних процесів. Розрізняють вертикальну інтеграцію, коли вибудовується ланцюг переробки сировинних ресурсів та доведення їх до споживача, та горизонтальну, коли об'єднуються підприємства одного напрямку діяльності.

Сучасним напрямком трансформації підприємств є створення мережі. Аналіз сучасних наукових концепцій по мережеутворенню дозволяє зробити висновок про відсутність єдиної точки зору на це поняття. Термін «мережа» застосовується як для визначення складно-структурних систем бізнесу, так і для системи організаційних потоків інформації (Інтернет). З нашої точки зору другий підхід є більш вузьким, і може розглядатися тільки як одна із базових складових створення бізнес-мережі. Важливим аспектом дослідження останньої є визначення мережевих меж, складу її об'єктів та зв'язків між ними, способу їх скріплення.

Склад об'єктів мережі визначаються напрямками діяльності бізнес-компаній регіону. Для регіонів з монодіяльністю (наприклад металургія) склад мережі більш простий. При наявності поліпольності — бізнес-мережа складається з великої кількості різних суб'єктів господарювання. За способом мережеутворення можна виділити корпоративну, контрактну, віртуальну та адміністративну мережу.

Контрактна мережа — мережеутворення відбувається внаслідок укладення великої кількості контрактних домовленостей між суб'єктами господарювання. Ці мережі мають гнучку структуру і дозволяють середнім та невеликим фірмам ефективно конкурувати з великими корпораціями. Принципове значення для розвитку і ефективного функціонування таких об'єднань має можливість використання єдиних комунікаційних мереж — Інтернет.

Віртуальна мережа — є модифікацією контрактної мережі, але настільки специфічною, що її доцільно відокремити в самостійну групу. Такі мережі з'явилися з переходом до інформаційної стадії розвитку, інтерактивної взаємодії суб'єктів та появи внаслідок цього нових форм організації економічної діяльності (віртуальні фірми, електронна торгівля).

Адміністративна мережа — в цій мережі прийняття рішень та розподіл благ здійснюється не стільки виходячи з розміру власності скільки з традиційних відношень в бізнес-мережі (не виключає і родинних зв'язків). Прикладом такого об'єднання є зв'язки між директорами, які поступово перетворились на власників великих бізнес-структур. Такі мережі працюють навіть без встановлення відносин власності між її учасниками.

Корпоративна мережа — базується на спільній структурі корпоративної власності. Такі мережі створюються в наслідок або інтеграційних процесів, або аутсорсінгу. Первісний міжнародний аутсорсінг відомих європейських компаній (Bosch, Philips, Nestle, Nivea та інші) — це перенесення виробничих потужностей до країн з низькою заробітною платою (переважно в країни Азії) внаслідок чого і утворилися корпоративні бізнес-мережі. Маркетингова інтеграція призвела до створення корпоративної бізнес-мережі в сферах торгівлі та послуг, мережі супермаркетів, національних і транснаціональних («Метро», «Фуршет» та інші), мережі страхових компаній, інформаційних агенцій та консалтингових фірм. В подальшому великі маркетингові компанії (наприклад «Метро») не задовольнялись тільки послугами окремих постачальників, а самі стали ініціаторами створення мережі виробників різноманітної продукції під загальною торговою маркою «Аго». Таким чином, мережа перетворилась із горизонтально-інтегрованою ще і в вертикально-інтегровану бізнес-структуру. Це приклад зворотної інтеграції. Суть її полягає в тому, що мережеутворююча компанія активізує частку власності не в наступних технологічних ланцюгах бізнес-мережі, а в попередніх. Не тільки зворотна вертикальна інтеграція, а і пряма (більш традиційна) забезпечує створення

сучасних корпоративних бізнес-мереж. Наприклад, нафтодобувна компанія купує нафтопереробний завод та створює АЗС. Вертикально-інтегрована корпоративна бізнес-мережа — це спосіб упорядкування та структурування бізнес-середовища в умовах ще доволі хаотичних сучасних ринкових відносин.

Висновки. Спостерігаються такі тенденції в трансформації підприємств в сучасних умовах господарювання:

- спеціалізовані підприємства намагаються диверсифікувати свою діяльність з метою зменшення ризиків;
- з'являються віртуальні підприємства;
- створюються інтегровані структури — вертикального та горизонтального типу;
- виникають мережі підприємств, внаслідок аутсорсингу та інтеграції діяльності підприємств;
- інтегровані та мережеві структури призводять до формування кластерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаєць В. Кластери і мережеві структури в економіці — тема досить цікава, але на сьогодні ще до кінця не вивчена.../ В. Гаєць // Економіст. — 2008. — № 10. — С. 10 — 11.
2. Данько М. Реорганізація підприємства в контексті формування корпоративних структур // Економіка України. — 2007. — №1. — С. 74 — 80.
3. Пилипенко А.А. Стратегічна інтеграція підприємств: механізм управління та моделювання розвитку: Монографія / А.А. Пилипенко. — Х.: ВД «Інжект», 2008. — 408 с.
4. Стрелець І. «Сетевая экономика». М.: Эксмо, 2006.
5. Уорнет М. «Виртуальные организации»: пер. с англ. / М. Уорнет, М. Витцель. — М. — 2005.

В статье рассмотрены тенденции трансформации предприятий в результате диверсификации, интеграции, аутсорсингу их производственной деятельности, создание сетей предприятий и кластеров.

Ключевые слова: предприятие, аутсорсинг, диверсификация, интеграция, сеть, кластер.

N.I. Zhuzhukina

Transformation of companies in the current economic conditions

Changes in economic conditions in recent years there quickly and eclectically. This leads to significant changes in forms of production and business, while these processes occur on so fast that the regulatory documents do not have time to consider these changes. Processes occurring in the real economy of transformation enterprises require generalization and systematization at least in order to develop adequate documentation to them for registration and conduct of business. That is what makes the author consider the peculiarities of transformation of enterprises in the modern world.

The article deals with trends transforming business as a result of diversification, integration, outsourcing of production activities, networking and enterprise clusters.

Key words: enterprise, outsourcing, diversification, integration, network, cluster.

Одержана редколлегією 20.05.2012 р.

Т.П. БАСЮК

Національний університет харчових технологій

ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ В АНАЛІЗІ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Досліджено необхідність оцінки впливу інвестиційних проектів підприємств харчової промисловості на навколишнє середовище. Систематизовано методи оцінки екологічного впливу інвестиційних проектів та обґрунтовано їх вибір з урахуванням особливостей умов реалізації.

Ключові слова: харчова промисловість, навколишнє середовище, інвестиційний проект, екологічний вплив, методи оцінки.

Харчова промисловість, як і багато інших галузей народного господарства, є джерелом негативного впливу на навколишнє середовище. Широка номенклатура різних видів сировини та готової продукції, що випускається, разом з розмаїттям та різним рівнем екологічної безпеки промислових технологій визначає значні відмінності у кількості та забрудненості виробничих відходів.

Виробництво харчових продуктів супроводжується утворенням рідких, газоподібних та твердих відходів, що забруднюють гідросферу, атмосферу та ґрунти. Але основною проблемою екології харчових виробництв є проблема води. Усі підприємства потребують великої кількості води, що використовується безпосередньо в технології основного продукту (пивоварна, спиртова, цукрова), для миття обладнання та інших цілей. Більшість цієї води у вигляді забруднених стоків виводиться із процесу та надходить у навколишнє середовище. Середньорічна кількість стічних вод на харчових підприємствах становить (м³) [1]: на 1 т хлібобулочних виробів — 2,9; на 1 т буряка у виробництві цукру — 1,7; на 1000 дал пива — 76; на 1 т пресованих хлібопекарських дріжджів — 170; на 1000 дал спирту — 1300. Значна частина цих стічних вод представлена сильно забрудненими водами, що характеризуються величиною ХСК (хімічне споживання кисню) від 2000 до 60000 мг О₂/дм³. Основною їх особливістю є високий вміст розчинених органічних речовин. Скидання таких вод у міські каналізаційні мережі заборонено, а відведення і збирання їх на «полях фільтрації» призводить до утворення токсичних неприємно пахучих речовин, що забруднюють атмосферне повітря на значній території. Крім того під ці споруди необхідно відводити значні площі земельних угідь сільськогосподарського призначення.

Найбільший негативний вплив на довкілля мають м'ясна, цукрова, спиртова та дріжджова галузі харчової промисловості.

Сучасна практика діяльності підприємств харчової промисловості довела, що економічно обґрунтованим є доповнення системи планів планом заходів щодо охорони та раціонального використання природних ресурсів. Ігнорування цього моменту призводить до необхідності розраховуватися за екологічні помилки у майбутньому.

Екологічна політика, яка вибудовується підприємством, повинна бути зорієнтована на довгостроковий період і передбачати обов'язковий аналіз проектів розвитку з позиції впливу їх на довкілля. Більшість проектів з розвитку підприємств харчової промисловості є потенційним джерелом забруднення, що, як правило, негативно впливають на навколишнє середовище. Ретельне попереднє планування цих проектів може допомогти мінімізувати і навіть

уникнути забруднення та незворотних змін у довкіллі. Тому особлива увага аналітиків повинна бути приділена взаємозв'язку між вибором технологічного процесу або його розробкою та потенційною можливістю мінімізації відходів або використання їх знову, з метою зменшення безпосереднього впливу на навколишнє середовище.

Успішна розробка проектів підприємствами харчової промисловості передбачає наявність впевненості в тому, що потенційний негативний або несприятливий вплив на довкілля визначатиметься та оцінюватиметься таким чином, що його можна буде уникнути або зменшити шляхом внесення відповідних змін до проекту.

Для оцінки впливу функціонуючого виробництва на навколишнє середовище необхідно:

- провести аналіз технологічного процесу виробництва з метою виявлення джерел впливу, виділення та викиду шкідливих речовин. Результатом цього аналізу є визначення в технологічному ланцюжку місць входу та виходу природних ресурсів, виділення шкідливих речовин у довкілля, характеристика джерел забруднення, природоохоронного обладнання та природозахисних заходів, які супроводжуються розрахунковою оцінкою фактичної їх ефективності;

- визначити показники інтенсивності, ступеня і безпеки впливу, що залежать від кількості викиду шкідливих речовин та їх індивідуальних властивостей. Ступінь впливу встановлюється співвідношенням його інтенсивності до інтенсивності виділення шкідливої речовини, що дозволяє ранжувати джерела забруднення за принципом можливості та доцільності зниження впливу. За результатом аналізу може статися, що максимальний ступінь впливу належить слабкому за інтенсивністю джерелу забруднення, або навпаки, джерела з максимальним виділенням шкідливих речовин мають незначний ступінь впливу за рахунок високої ефективності природоохоронних заходів;

- виявити форми порушення та забруднення природного середовища і визначити їх параметри. На цьому етапі проводиться обстеження зони впливу виробництва на навколишнє середовище та встановлюються наслідки забруднення. Розповсюдження шкідливих речовин в атмосферному повітрі залежить від багатьох факторів — як власне від джерела викиду, так і метеорологічних і географічних умов місцевості, що призводить до нерівномірного їх осідання на поверхню ґрунту на площі, що складає зону впливу підприємства на навколишнє середовище;

- оцінити наслідки змін довкілля у компонентах природно-виробничої системи з використанням інтегральних показників. Для цього досить часто використовують [2]. Суть даного інтегрального показника полягає в тому, що порівнюються капітальні та експлуатаційні витрати, які виникають при здійсненні різноманітних природоохоронних заходів під час функціонування виробництва, і безпосередні та опосередковані збитки, яких запобігли в результаті вжиття цих заходів (позитивна частина). Якщо величина відверненого сукупного збитку має позитивне значення, вважають за необхідне реалізовувати природоохоронні заходи. Відвернений сукупний збиток являє собою приведення різноманітних за розміром кількісних впливів виробництва на компоненти середовища.

Таким чином, усі функціональні зміни в екологічній системі за результатами впливу проекту можуть бути представлені як порушення чи забруднення екосистеми. З метою реального визначення необхідних витрат, можливостей суспільства здійснити природоохоронні заходи, оцінка збитків від негативного впливу різних проектів на екосистему в цілому та їх величина повинні наводитися у вартісних показниках.

Для вартісної оцінки наслідків проекту, а також порівняння впливу на навколишнє середовище кількох проектів використовують методи ранжування, бальної оцінки на інші способи експертної оцінки.

В ідеалі грошова оцінка впливу на навколишнє середовище проводиться для того, щоб полегшити аналітику роботу з оцінки фінансової та економічної привабливості проекту.

Процес оцінки екологічного впливу включає такі основні моменти, як:

- 1) ідентифікація і визначення взаємозв'язку впливів проекту;
- 2) вимірювання та інтерпретація результатів проекту.

Остання є важливим етапом аналізу оскільки залежить від думки топ-менеджерів, що приймають рішення, визначають рівень позитивного і негативного впливу проекту на навколишнє середовище.

Розроблено велику кількість методів для презентації опису впливів посадовим особам, які приймають рішення, та широкій громадськості. До них належать: складання карт, списків

або матриць наслідків; присвоєння балів, рангів або рейтингів; утворення ланцюжків «вирати — умови — ефективність». Кожен з цих методів припускає певний ступінь спрощення і суб'єктивності по наданих результатах та оцінках. Різні виконавці можуть представляти різні оцінки, тому аналітики і ті, хто приймає рішення, повинні бути обізнані щодо всіх обмежень під час вибору альтернативного варіанта реалізації проекту чи реалізації проекту взагалі.

В умовах можливої альтернативи практичної реалізації проекту або вибору одного з варіантів, що розглядаються, автори підручника «Проектний аналіз» В.А. Верба та О.А. Загородніх [3] пропонують кілька методів оцінки впливу проекту на навколишнє середовище:

1) Метод контрольних списків заснований на складанні переліку всіх видів впливу проекту, що можна передбачити, надання кожному з них кількісної оцінки, а потім ранжирування відповідно до поданого значення. Головними вимогами цього методу є достатня кількість типів впливу проекту та об'єктивність визначення чисельного значення вагових коефіцієнтів. Підвищити результативність цієї процедури можна, застосовуючи метод Бателле, який найбільш ефективний для оцінки впливу проектів розвитку підприємств харчової промисловості, які щільно пов'язані з водними ресурсами (наприклад, рибопереробні підприємства). Відповідно до методу Бателле для кожного типу впливу закладається індекс якості середовища, нормалізований таким чином, щоб ранжування здійснювалось за шкалою від 0 до 1. Кожний індикатор впливу задається як різниця між показником стану середовища з впливом на нього проекту та без нього. Фактори середовища в методі Бателле класифіковані за чотирма категоріями: безпосередня сфера навколишнього середовища (природний, рослинний і тваринний світ); зміна фізико-хімічного балансу середовища; сфера соціального сприйняття певних наслідків; сфера людської діяльності. У кожній сфері виділяються показники впливу і кожному з них надається відповідна вага, фіксована для всіх схожих проектів. При заданих значенні і вазі кожного показника підраховується загальний вплив кожного з альтернативних проектів і на цій підставі обирається найкращий.

2) Метод матриць побудований на виділенні характеристик навколишнього середовища та занесенні їх у вертикальну частину матриці, а типів впливів — у горизонтальну. У місцях перехрестя відображають бальні оцінки інтенсивності впливу та його вагомості. Матриці включають як кількісні, так і якісні показники впливу проекту на навколишнє середовище. Значущість кожного показника визначається експертними оцінками. Відсутність чітких критеріїв визначення числових значень кожного показника робить цей метод порівняльним, інформативним та наочним, що обумовлює можливість його використання для оцінки складних альтернативних проектів різноманітних виробництв.

3) Метод діаграми потоків ґрунтується на послідовному виокремленні та прогнозуванні залежностей між впливом проекту та його наслідками. Побудова діаграм потоків можлива тільки за наявності точного опису процесів, що протікають у навколишньому середовищі без впливу проекту та з урахуванням наслідків його реалізації. Метод діаграм потоків може використовуватися під час порівняння двох конкретних технологічних рішень, коли кількісні параметри цього впливу та його наслідків не встановлено, але необхідно вибрати один з проектів за визначеними обмеженнями.

4) Метод сумісного аналізу карт передбачає, що території, на яких прогнозується вплив, піддають аналізу за картографічним матеріалом, аерофотознімками, матеріалами землеустрою. За кожним показником впливу спочатку оформлюється своя карта-схема, а потім визначається сумарний вплив шляхом складання візуальної оцінки цих карт.

Усі ці методи найбільш ефективні для оцінки впливу проекту при порівнянні можливих альтернатив на стадії формування проекту, коли підприємство ще не функціонує. У разі реалізації проекту на діючому підприємстві ці методи оцінки неприйнятні.

Сучасна міжнародна практика аналізу екологічних наслідків проектів [4] найчастіше застосовує методи, побудовані на визначенні:

- ринкової ціни виробництва товарів та послуг, що базується на одному з трьох підходів: визначення продуктивності ресурсів, методи втраченої вигоди (доходу) та альтернативної вартості;
- безпосередніх витрат, пов'язаних з реалізацією проекту, до яких насамперед належать методи аналізу ефективності витрат і превентивних витрат.

Оцінка впливу проекту на навколишнє середовища методом зміни продуктивності ресурсів базується на традиційному аналізі «вигоди—витрати». грошова оцінка фізичних змін обсягів виробництва проводиться з використанням ринкових цін на вхідні ресурси та отриману продукцію проекту. Цей метод передбачає визначення типів впливу проекту на продуктивність ресурсів, які беруть участь у проекті. Слід враховувати не тільки екологічні наслідки, які є запланованим результатом, а й ті, що виникають як побічні ефекти поза межами проекту і можуть мати як позитивний, так і негативний характер. Аналіз зміни продуктивності ресурсів внаслідок реалізації проекту краще за все проводити способом оцінки ситуації «з проектом» та «без проекту». Це дозволяє визначити всі зміни у навколишньому середовищі, які виникли через проект. Треба пам'ятати, що екологічна вартість проекту оцінюється як додатковий негативний вплив, який виникає внаслідок проекту. Даний метод може застосовуватись для проектів харчової промисловості, пов'язаних з виробництвом молочної, м'ясної, рибної продукції та ін. Наприклад, для проекту збереження ґрунтів шляхом посіву кормових трав позитивні наслідки проекту можна оцінити за допомогою визначення додаткової кількості зібраного з даної території молока, що виробляє велика рогата худоба завдяки покращанню якості кормів, зібраних на території проекту.

У процесі застосування методу, побудованому на втраченому доході, як правило, за міру екологічних наслідків беруть зміну продуктивності людей та, як результат, втрату ними заробітку (доходу) або збільшення медичних витрат через екологічну шкоду, або отримання додаткових доходів від запобігання екологічним наслідкам. Використання цього методу вимагає прослідкувати причинно-наслідкові зв'язки між екологічними наслідками проекту та змінами в умовах життя населення. Наприклад, поліпшення питного водопостачання зменшує кількість шлунково-кишкових та кам'яно-ниркових захворювань, що дозволяє зменшити величину медичних витрат. Для проектів, пов'язаних з поліпшенням водопостачання або зменшенням його забруднення, аналітик має визначити чисте підвищення продуктивності праці робітників або зростання їх заробітку (або зниження витрат), а також чисту соціальну вартість економії витрат на медичне обслуговування. В країнах, що розвиваються, як правило, кошти, заощаджені на медичному обслуговуванні, треба зарахувати як чистий прибуток. Втрата доходу може бути обумовлена не тільки погіршенням здоров'я, але й екзогенними змінами продуктивності еко-системи, наприклад зниженням родючості земель, погіршенням умов рибальства тощо.

Визначення екологічних наслідків за допомогою методу альтернативної вартості передбачає їх оцінку з точки зору витрат, необхідних для збереження якого-небудь ресурсу або неотримання доходу від використання цього ресурсу іншим способом. Цей підхід дозволяє визначити величину додаткових витрат під час вибору більш коштовної, але екологічно безпечної альтернативи проектного рішення.

Інша група методів кількісної оцінки екологічних наслідків проекту побудовані на визначенні витрат, пов'язаних з реалізацією проекту. Такі витрати можуть бути встановлені на підставі методу аналізу їх ефективності. У разі, якщо екологічні наслідки проекту не піддаються кількісному вимірюванню у вигляді витрат і прибутків їх можна оцінити за допомогою розгляду ефективності понесених витрат. Дані про найменші витрати щодо проекту отримують, аналізуючи альтернативні процеси або проекти з визначеною метою (наприклад, визначення ступеня якості по-вітря та води). Таким чином визначають цінності, які порівнюються між собою. Розрахунки виробничої ефективності необхідні у випадку, коли альтернативні проекти можна описати за допомогою кількох різних непорівнянних характеристик, таких як сума чистого приведенного доходу (NPV) від проекту і заходи впливу на навколишнє середовище і здоров'я людей. Тоді треба визначити домінуючий критерій відбору проекту та обрати найкращий варіант.

Під час аналізу ефективності витрат на етапі формулювання проекту визначають його ціль. В екології це — певна якість повітря, води, вимоги до виробничих відходів. Досягнення цих результатів проекту неодмінно пов'язано з витратами, тому їх оцінка має проводитися відповідно до критерію рівняння граничних витрат за проектом до граничних доходів.

На практиці аналіз ефективності витрат вимагає ретельної аналітичної розробки альтернатив. Вибір залежить від потенційної небезпеки більш високого рівня забруднення та

готовності, а часом можливості суспільства платити дорожче за дотримання вимог щодо якості навколишнього середовища. При використанні цього методу оцінки екологічного впливу проекту головною проблемою є встановлення рівня вимог, оскільки не кожне суспільство може дозволити собі розкіш абсолютної екологічної безпеки. Більш розумно забезпечити екологічний захист проекту за помірну ціну.

Визначення екологічного впливу проекту на навколишнє середовище за допомогою оцінки превентивних (профілактичних) витрат базується на можливості здійснювати оцінку мінімальних вимог населення до навколишнього середовища та їх готовності нести витрати з метою зниження шкідливого впливу. Методика розрахунку превентивних витрат ґрунтується на визначенні міні-мальних витрат, які розсудлива людина буде нести з метою зменшення екологічних наслідків. Ці витрати залежать від ступеня важливості, який надає людина шкідливому впливу, наявного доходу, рівня очікуваних збитків у разі появи наслідків. Як правило, витрати на зниження несприятливого екологічного впливу не повинні перевищувати прибуток, який споживач отримує в результаті зниження рівня очікуваних збитків. Готовність нести витрати по зменшенню негативних екологічних наслідків є фактично оцінкою людини тієї мінімальної величини прибутку (доходу) від визначеного рівня якості навколишнього середовища. Застосування цього методу можливе тільки за наявності точних даних про величину витрат, необхідних для поліпшення екологічної ситуації, та доходів, отриманих у результаті зниження шкідливого впливу. Прикладом застосування цього методу може бути оцінка екологічного впливу проекту міського водопостачання. Оцінка наявних витрат на отримання питної води з альтернативних джерел передбачає визначення можливих витрат на фільтрацію води, купівлю питної води в пляшках, кип'ятіння водопровідної води, будівництво колодязів тощо. Вибір альтернативного способу отримання питної води значною мірою залежить від доходів, а отже, можливості платити за екологічно чисту питну воду. Оцінка соціальних доходів від поліпшення системи міського водопостачання визначається на підставі величини, яку окремі групи населення готові сплачувати за якісну питну воду, зважено за чисельністю та рівнем доходів.

Висновки. При оцінці впливу окремих проектів, що реалізуються, та діяльності підприємства в цілому на навколишнє природне середовище (повітря, воду, землю, флору і фауну району, екосистеми) аналіз передусім має враховувати вплив на здоров'я нації і безпеку робочих місць, а також на соціальні і культурні цінності суспільства. При цьому вибір методу оцінки залежатиме від вихідних передумов, в яких реалізується проект. Серед них: ступінь взаємозв'язку інвестиційного проекту із діяльністю підприємства; стадія життєвого циклу проекту; вид екологічного впливу інвестиційного проекту; наявність інформації; ступінь кваліфікації спеціаліста, що здійснює оцінку екологічного впливу інвестиційного проекту підприємства харчової промисловості тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Левандовський Л.В., Лукашевич Є.А., Нікітін Г.О., Діба А.О. // Збірник тез доп. міжнародної науково-техн. конф. «Перший Всеукраїнський з'їзд екологів». — (інтернет ресурс): eco.com.ua.
2. *Экология и экономика природопользования: уч. для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям* / Под ред. Э.В.Гирусова. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. — 286 с.
3. *Верба В.А. Проектний аналіз: підручник* / В.А. Верба, О.А. Загородніх — К.: КНЕУ, 2000.
4. *Маховилова Г.А. Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов с учетом экологического фактора* / Маховилова Г.А. — СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 2010. — 180 с.

Исследована необходимость оценки влияния инвестиционных проектов, которые реализуются предприятиями пищевой промышленности, на окружающую

среду. Систематизированы методы оценки экологического влияния инвестиционных проектов и обоснован их выбор с учетом особенностей условий реализации.

Ключевые слова: пищевая промышленность, окружающая среда, инвестиционный проект, экологическое влияние, методы оценки.

T.P. Basyuk

***Ecological aspect in the analysis of investment projects
of the food industry***

Investigated the need to assess the impact of investment projects implemented by food industry on the environment. Systematic method of assessing environmental impact of investment projects and to justify their choice to suit the working conditions of the project. These include: the extent of the relationship of the investment project with its activities; stage of the project life cycle, type of environmental impact of the project; availability of information, the degree of qualification of the expert who evaluates the environmental impact of the investment project the food industry. It is proved that the development stage of a new independent project and the investment decision, you can use one of the following methods: checklists, matrices, flow diagrams, a joint study cards. In the case of the project in the operating enterprise should use methods based on the determination of the market price of production.

Key words: food processing industry, environment, investment project, the environmental impact, assessment methods.

Одержана редколегією 20.10.2012 р.

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 виробництв 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 опубліковані 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.