

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний університет харчових технологій

НАУКОВІ ПРАЦІ
НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

№ 37

Київ НУХТ 2011

УДК 663/664

У журналі опубліковано статті з результатами фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень у галузі харчових технологій.

Рукопис статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів різних галузей харчової промисловості.

Редакційна колегія: д-р екон. наук, проф. О.Б. Бутнік-Сіверський; д-р екон. наук, проф. Т.А. Говорушко; д-р техн. наук, проф. В.С. Гуць; д-р хім. наук, проф. Л.С. Дегтярьов; д-р техн. наук, проф. В.Ф. Доценко; д-р екон. наук О.І. Драган; д-р екон. наук проф. А.О. Заїнчковський; д-р хім. наук, проф. С.В. Іванов (головний редактор); д-р техн. наук, проф. В.М. Ковбаса (перший заступник головного редактора); д-р біол. наук, проф. О.В. Карпов; д-р фіз.-мат. наук, проф. А.М. Король; д-р техн. наук, проф. А.П. Ладанюк (заступник головного редактора); д-р техн. наук, проф. Л.В. Левандовський; д-р техн. наук, проф. В.М. Логвін; д-р техн. наук, проф. І.Ф. Малєжик; д-р мат. наук, проф. М.А. Мартиненко, канд. екон. наук, доц. В.М. Марченко, канд. екон. наук, доц. Міненко М.А.; д-р екон. наук, проф. Т.Л. Мостенська; д-р техн. наук В.І. Оболкіна; д-р техн. наук, проф. В.А. Піддубний; д-р хім. наук, проф. Перепелиця О.П.; канд. техн. наук, доц. Г.Є.Поліщук; д-р хім. наук, проф. О.М. Полумбрик; д-р техн. наук, проф. М.О. Прядко; канд. техн. наук, доц. Н.М. Пушанко (відповідальний секретар), д-р техн. наук, проф. Г.О. Сімахіна; д-р екон. наук, проф. О.П. Сологуб; д-р техн. наук, проф. Хоменко М.Д.; канд. екон. наук, проф. Л.М. Чернелевський; д-р техн. наук, проф. Шевченко О.Ю; канд. екон. наук, доц. О.О. Шеремет, д-р техн. наук, проф. П.Л.Шиян; д-р хім. наук, проф. Штокало М.Й.

Адреса редакції: 01033 Київ-33, вул. Володимирська, 68, тел. 287-94-88.

Рекомендовано вченою радою НУХТ.

Протокол № 9 від 29.04.2011 р.

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

Видання подано в авторській редакції

© НУХТ, 2011

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. Актуальні проблеми фізико-хімічної інтенсифікації технологічних процесів харчових та біотехнологічних виробництв, методи досліджень харчових продуктів

<i>І.В. Сирохман, Т.М. Лозова</i> Проблеми якості і безпеки харчових продуктів	5
<i>В.М. Ковбаса, А.В. Юкало</i> Методи ідентифікації білків казеїнового комплексу	10
<i>І.І. Кишенько</i> Перспективи отримання та використання білкового стабілізатору з колагеновмісної сировини в м'ясопереробній промисловості	15
<i>П.В. Погрібний, Н.М. Грегірчак, Є.С. Зайцева</i> Особливості виділення і очистки бета-дефенсину-2 людини	19
<i>В.І. Стойко, Н.М. Жданова, В.Л. Айзенберг, Г.П. Капічон</i> Вплив умов культивування на синтез інулінази <i>Penicillium sp.25</i>	24
<i>В.М. Кошова, Т.М. Душко</i> Використання натуральної сировини для приготування безалкогольних напоїв	29
<i>В.М. Кошова, Н.Є. Мацулевич</i> Вплив поліфенолів на колоїдну стійкість пива	32
<i>А.Є. Мелет'єв, О.І. Дерій, С.І. Литвінчук, Л.В. Проценко, Є.С. Богданов</i> Покращення якості пива з використанням заміників солоду	36
<i>Т.П. Пирог, Г.О. Іванушкіна, С.О. Гарбарчук</i> Синтез полісахариду етаполану на суміші ацетату і меляси <i>Acinetobacter sp.B-7005</i>	40
<i>Ст.Т. Дамянова, С.Ст. Тодорова, Н.В. Іванова, Євг.Р. Канева, Р.Л. Стефанова</i> Розробка та дослідження кисломолочного продукту функціонального призначення	45
<i>О.М. Григоренко</i> Технологія виробництва та радіозахисні якості печива з розторопшею	50
<i>А.А. Ліпець, В.О. Малишев</i> Використання природного цеоліту-кліноптилоліту для деамонізації конденсатів сокових парів	57
<i>Н.А. Гусятинська, А.А. Ліпець, Є.С. Богданов, Д.В. Братюк, О.В. Адаменко</i> Ефективність застосування додаткових хімічних реагентів під час попереднього вапнування дифузійного соку	62
<i>М.В. Карпуніна, З.М. Романова, О.П. Вітряк</i> Шляхи підвищення ефективності технології приготування бражки у спиртовому виробництві	68
<i>А.Є. Мелет'єв, З.М. Романова, М.В. Карпуніна</i> Підвищення біологічної цінності та покращення смаку пива	71
<i>А.П. Морозова, М.Д. Кундєєв, Т.П. Пирог</i> Альтернативні джерела вуглецю для синтезу поверхнево-активних речовин <i>Rhodococcus Erythropolis EK-1</i>	75

<i>М.П. Купчик, О.І. Сидорченко, Т.М. Захарченко</i> Розробка способу підготовки екстрагенту з використанням електромембранної технології для вилучення сахарози із бурякової стружки	80
<i>Т.І. Романовська, М.В. Солеймані Алігударзі, І.Я. Романовський</i> Вилучення жиру з відпрацьованої віддільної глини	86
<i>В.Д. Іванова, Н.М. Каряка</i> Дослідження антиоксидантних властивостей екстрактів з нетрадиційної рослинної сировини	89
<i>В.Г. Юкало, Л.А. Сторож</i> Протеолітична активність приклітинних і внутрішньоклітинних ферментів у лактококів	96
<i>Г.О. Сімахіна</i> Біофлавоноїди у системі антиоксидантного захисту біологічних структур.....	101
<i>В.В. Дорохович, В.М. Ковбаса</i> Вплив цукрозамінників на утворення тістових мас коагуляційно-пастоподібної, коагуляційно-кристалізаційної, коагуляційно-піноподібної структури	107

РОЗДІЛ 2. Процеси та апарати харчових виробництв, автоматизації виробничих процесів

<i>В.М. Нигора, Н.І. Ковальова, І.М. Білецький</i> Обґрунтування та розробка структури експертної системи підтримки рішень.....	114
<i>Л.П. Рева, О.О. Петруша, В.О. Мірошник</i> Створення фізичної моделі вертикального прогресивного протитечійного перед дефекатора для дослідження ефективності процесу	119
<i>Д.В. Яцук, Н.А. Гриценко, Т.П. Пирог</i> Застосування методів математичного планування для інтенсифікації синтезу поверхнево-активних речовин <i>Nocardia Vaccinii K-8</i> на гліцерині	125
<i>В.В. Кот, О.М. М'якишко</i> Застосування нейронних мереж для автоматизованої класифікації літератури у науково-технічній бібліотеці	131
<i>О.Ф. Буляндра, Л.С. Гапонич, М.В. Чернявський</i> Розробка технологій термічної переробки бурого вугілля для енергетичних котлів.....	138
<i>В.М. Нигора, А.О. Скивка, А.І. Соколенко</i> Золота пропорція як засіб естетичного формотворення в дизайнерському проектуванні	145
<i>Н.А. Засець, Н.М. Луцька</i> Розробка алгоритму ідентифікації адаптивної системи управління нестаціонарними об'єктами.....	149
<i>С.В. Матко, Л.М. Мельник</i> Кінетичні закономірності адсорбції пектинових речовин із яблучного соку	154

УДК 620.2:664.664.4

І.В. Сирохман, д-р техн. наук
Т.М. Лозова, канд. техн. наук
Національний університет
«Львівська політехніка»

ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

У статті розглядаються проблеми якості та безпеки харчових продуктів. Основними завданнями сьогодення для промисловості і торгівлі є забезпечення населення якісними товарами функціонального спрямування і подовження терміном зберігання завдяки використанню природних добавок.

Ключові слова: харчові продукти, якість, безпека, кондитерські вироби, жири, біологічна цінність, функціональне спрямування, зберігання, процеси окислення.

In article problems of quality and safety of foodstuff are considered. Population maintenance with the qualitative goods of a functional orientation and a long period of storage thanks to natural additives is the basic tasks for the industry for and trade today.

Key words: foodstuff, quality, safety, confectionery products, fats, biological value, functional orientation, preservation, oxidation processes

Останнім десятиліттям антропогенний вплив на навколишнє середовище стає все більш інтенсивним і масштабним. До організму людини ззовні може надходити 40–50 % шкідливих сполук з харчовими продуктами [1]. Серед таких сполук особливе місце посідають токсичні елементи, оскільки вони не розкладаються, включаються у харчові ланцюги і акумулюються у живих організмах [4]. Виникає проблема забезпечення людини повноцінними якісними і безпечними продуктами харчування. Альтернативою є розробка продуктів функціонального і лікувально-профілактичного призначення, які поповнюють дефіцит біологічно активних речовин, збалансованих за основними компонентами, що нейтралізують шкідливі речовини та сприяють їх швидкому виведенню з організму. На даний час населення все частіше стикається з проблемою незбалансованого харчування у результаті споживання очищених, рафінованих продуктів, з включенням до складу штучних харчових добавок. Для здорового харчування людині потрібні вітаміни, мікроелементи, ненасичені жирні кислоти, харчові волокна, незамінні амінокислоти тощо. Тому виникає необхідність у використанні сировини виключно натурального походження. Аналіз вітчизняних і зарубіжних джерел з питання виробництва функціональних продуктів харчування показує, що формування асортименту виробів, які випускаються, знаходяться у прямій залежності від ринкового попиту. У контексті з цим особливістю сучасного етапу розвитку харчової промисловості і товарознавства є розробка якісно нових функціональних продуктів харчування, які сприяють збереженню та поліпшенню здоров'я за рахунок регулюючого і нормалізованого впливу на організм людини з урахуванням його фізіологічного стану та віку.

Наукові дослідження у цьому напрямку актуальні, оскільки підпорядковуються одному з основних напрямків державної політики — створення технології якісно нових харчових продуктів. Перспективними є дослідження, пов'язані з пошуком і застосуванням натуральних добавок з вмістом біологічно активних речовин, яким притаманні антиоксидантна дія на організм. До основних видів забруднювачів, що потрапляють із навколишнього середовища, належать окислювачі. Вони сприяють утворенню руйнівних для організму продуктів — вільних

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

радикалів окислення та продуктів перекисного окислення ліпідів мембран і оболонки клітин. Прискорення окислювальних реакцій в організмі людини зумовлюють і стресогенні фактори. Вільні радикали і перекисні сполуки — надзвичайно активні речовини, здатні руйнувати в організмі обмінні процеси, пошкоджувати життєво важливі молекули і клітинні структури, а при тривалому впливі провокувати виникнення хронічних захворювань, алергічних реакцій та іммунодефіцитного стану. Основна причина патологічних процесів в організмі людини, які викликають передчасне старіння і розвиток багатьох захворювань, — надлишкове накопичення в організмі кисневих вільних радикалів. За рахунок шкідливої дії вільних радикалів пошкоджуються стінки судин, мембрани, окислюються ліпіди. Надійним захистом від вільно радикальних процесів окислення та утворення перекисів є антиоксиданти. Останнім десятиліттям ведеться активний пошук природних безпечних антиоксидантів для введення їх у раціони, харчові продукти або для використання у вигляді самостійних біологічно активних добавок до їжі. Науковцями досліджуються антиоксиданти, що гарантують не тільки безпечність харчових продуктів, які їх містять, але й забезпечують збереження якості останніх. Слід враховувати, що у процесі зберігання харчових продуктів відбувається окислення багатьох лабільних компонентів, у тому числі ліпідів, які містять насамперед поліненасичені жирні кислоти [3]. Сильними природними антиоксидантами є біофлавоноїди, які поширені у рослинному світі. Флавоноїди нетоксичні, є синергістами аскорбінової кислоти у продуктах харчування, що сприяє їх взаємному захисту від руйнування. Рослини містять у своєму складі біологічно активні речовини (флавоноїди, дубильні речовини, глікозиди, алкалоїди, органічні кислоти та ін.), які належать до різних хімічних сполук. У зв'язку з цим ефективність дії рослинних добавок визначається особливостями рослинної сировини та концентрацією біологічно активних речовин. Вивчено вплив різних факторів на процес окислення соняшникової олії в емульсії та дія у даній системі фенольних антиоксидантів. Розглянуті закономірності окислення соняшникової олії в емульсії, стабілізованій олеатом натрію і показано, що в емульсії накопичення перекисних сполук відбувається значно швидше, ніж у гомогенній системі. Отримані результати з антиоксидантної активності і фенолів (гідрофільних і гідрофобних) свідчать на користь переважної дії їх в емульсії на міжфазовій поверхні (з боку водяної або жирової фази). Ефективність гідрофобних фенолів дещо вища, оскільки їх дія виявляється також і в об'ємі жирових крапель. Гідрофільні феноли, крім реакції з пер окисними радикалами жиру, можуть додатково витрачатися в об'ємі водяної фази за реакціями з активними формами кисню [2].

Досліджено властивості оливкової олії, збагаченої лецитином (2,5–10 г/кг). Встановлено, що додавання лецитину призводить до невеликого зростання концентрації токоферолів, збільшенню кількості лінолевої і невеликому зниженню — олеїнової кислоти. Відмічено зниження співвідношення мононенасичених і поліненасичених жирних кислот. Лецитин знижує здатність олії зв'язувати вільні радикали і сповільнює окислення олії. Очищену соєву олію, рафіновану олію і рафіновану олію з додаванням 1,0 мг/кг екстракту розмарину прогрівали за температури 180 °C та оцінювали ступінь їх термоокислення після 0, 2,5, 7,5 і 10 год. прогрівання шляхом визначення стійкості до окислення, за вмістом полярних сполук і кон'югованих дієнів. Очищена олія відрізнялась за властивостями від рафінованої у зв'язку з видаленням природних антиоксидантів. Екстракт розмарину демонстрував антиокислювальний вплив за високих температур. Після 10 год. прогрівання екстракт розмарину збільшував стійкість рафінованої олії до окислення від 7,5 до 13,5 год. і знижував рівень утворення полімерів та продуктів руйнування ліпідів. Екстракт розмарину сповільнював швидкість утворення кон'югованих дієнів і його рекомендують як альтернативний антиоксидант.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Виконані дослідження стійкості під час зберігання купажів рослинної олії: композиція 1–60 % оливкової олії, 35 % соняшникової, 5 % лляної; композиція 2–60 % оливкової олії, 35 % кукурудзяної, 5 % лляної; композиція 3–60 % оливкової олії, 35 % бавовникової, 5 % лляної. За період зберігання 10 міс у темному місці з температурою 20 °С встановлено, що використання органічної форми селену збільшує строк зберігання рослинних олій до 12 місяців [5].

У цьому спрямуванні науковцями розглядаються можливості використання різних добавок з метою сповільнення окислювальних процесів у жиромісних борошняних кондитерських виробках. Досить активно ведуться пошуки щодо виявлення рослинної сировини з вмістом компонентів, зокрема фенольних сполук, ефірних олій, аскорбінової кислоти та інших, яким властива антиоксидантна дія. З цією метою доцільно поєднувати сполуки, яким властивий різний механізм антиокислювальної і синергетичної дії. Активність більшості антиокислювачів базується на їх здатності реагувати з вільними радикалами з утворенням малоактивних сполук. Спектрофотометричним методом досліджено антиокислювальну активність декількох видів лікарсько-технічної сировини (в однаковій концентрації —

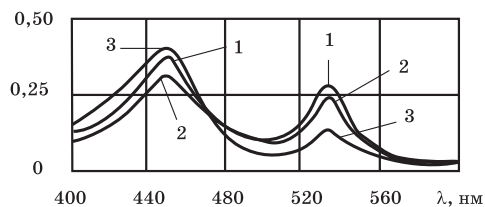


Рис. 1. Спектрограми продуктів окислення молочного жиру з 2-ТБК після 4 діб зберігання за температури (98±2) °С з добавками: 1 — звиробій звичайний 0,2%; 2 — квіти бузини чорної 0,2%; 3 — вільха чорна (шишечки) 0,2%

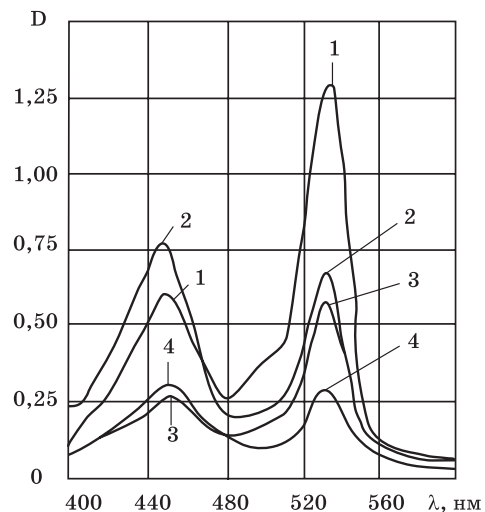


Рис. 2. Спектрограми продуктів окислення молочного жиру з 2-ТБК після 4 діб зберігання за температури (98±2) °С з добавками: 1 — плоди черемхи звичайної 0,1%; 2 — плоди черемхи звичайної 0,2%; 3 — перстач пряmostоячий 0,1%; 4 — материнка звичайна, 0,1%

0,2 %), яка виявилась досить високою, особливо щодо накопичення діальдегідів за 4 доби зберігання (рис. 1). Найменша кількість цих сполук виявлена в молочному жирі з додаванням вільхи чорної (шишечки) і була в 2,3 раза нижча, ніж у жирі з 0,2 % звиробом звичайного. У зразках жиру з включенням звиробом звичайного і квітів бузини чорної містилась приблизно однакова кількість діальдегідів, хоча вміст моноальдегідів був неодинаковий.

За довжини хвилі 448–452 нм оптична густина продуктів окислення з 2-ТБК жиру із звиробом була на 19 % вищою порівняно із зразком жиру з квітами бузини чорної. Найвищий показник у цьому діапазоні характерний для жиру з добавкою вільхи чорної (шишечки), що, очевидно, пов'язано з переходом частини екстрагованих речовин добавки і підвищення рівня дослідженого показника. На молочному жирі порівняли антиоксидантну активність плодів черемхи звичайної у концентрації 0,1 і 0,2 %, а також перстачу пряmostоячого і материнки звичайної (по 0,1 % до маси жиру). Після 4 діб найбільше діальдегідів виявлено в жирі з 0,1 % плодів черемхи (рис. 2). Подвійна концентрація добавки (0,2 %) обмежила в 1,9 раза утворення цих сполук. Більш висока оптична густина з λ 448–452 нм цього зразка (1,26 раза), ймовірно, зумовлена взаємодією певних сполук добавки з ТБК. Антиокислю-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

вальна активність плодів черемхи пояснюється наявністю флавоноїдів (1,5–2 %), антоціанів (3-рутинозид ціанідину — 9,1 %, 3-глюкозид ціанідину — 7,3 %), хлорогенової і аскорбінової кислот. У жирі з перстачем прямостоячим містилось у 2,3 раза менше діальдегідів, ніж з 0,1 % плодів черемхи, і найменше моноальдегідів. Антиоксидантні властивості перстачу зумовлені значною кількістю дубильних речовин і аскорбінової кислоти. Найвищу стабілізуювальну дію проявила материнка звичайна, в жирі з якою містилось у 4,7 раза менше діальдегідів, ніж у зразку з плодами черемхи (0,1 %), і в 2,1 раза порівняно із перстачем прямостоячим.

Найбільш активними антиоксидантами можна вважати флавоноїди, дубильні речовини, аскорбінову кислоту і складові ефірної олії. Величина оптичної густини з λ 535 нм жиру з материнкою звичайною близька до показника з λ 450 нм, а зразків з перстачем прямостоячим із 0,1 % плодів черемхи у 2,15 раза вища. Протягом наступних двох діб у зразках жиру з плодами черемхи звичайної (0,1 %) кількість діальдегідів майже подвоїлась (1,95 раза), а материнки звичайної (0,1 %) зросла у 5,2 раза (рис. 3). Досить вагомим було підвищення вмісту діальдегідів у жирі з подвійною концентрацією плодів черемхи (3,4 раза). Воно свідчить про те, що за період зберігання біоантиоксиданти добавок ефективно витрачались на інактивацію активних радикалів. Антиоксидантна активність сполук материнки звичайної була вищою, ніж плодів черемхи в 1,8 раза (0,1 %) і 4,3 раза (0,2 %). Подвійна концентрація плодів черемхи підвищила гальмування окислювальних перетворень тільки на 10 %, тоді як материнки звичайної — у 2,7 раза. Це відображає більш високу стабілізуючу дію сполук материнки.

За порівняльний період підвищилась оптична густина дослідних зразків з λ 450 нм, зокрема у жирі з 0,1 % плодів черемхи в 1,7 раза, 0,2 % плодів черемхи — в 1,13 раза, з 0,1 % материнки звичайної — в 1,17 раза. Отже, з прискоренням автоокислення зростає кількість моно- і діальдегідів. Співвідношення між величинами оптичної густини з λ 535 і λ 450 нм у дослідних зразках жиру з добавками плодів черемхи склало 2,49 (0,1%) і 2,66 раза (0,2 %), а материнки звичайної — 4,12 (0,1 %) і 1,33 раза (0,2%). Подовження тривалості зберігання молочного жиру з 4 до 6 діб зумовило різке збільшення кількості діальдегідів у зразках із звиробом звичайним (0,2 %) — у 5,1 раза, перстачем прямостоячим (0,1 %) — у 2,2 раза і шишечками вільхи (0,2 %) — у 2 рази. Величина цього показника у жирі з додаванням звиробом звичайного і перстачу прямостоячого була досить близька, оскільки не перевищувала 4 %. Антиокислювальна активність шишечок вільхи була у 5 разів вищою. Величина оптичної густини жиру з ТБК при λ 450 нм з включенням звиробом звичайного за дві доби підвищилась

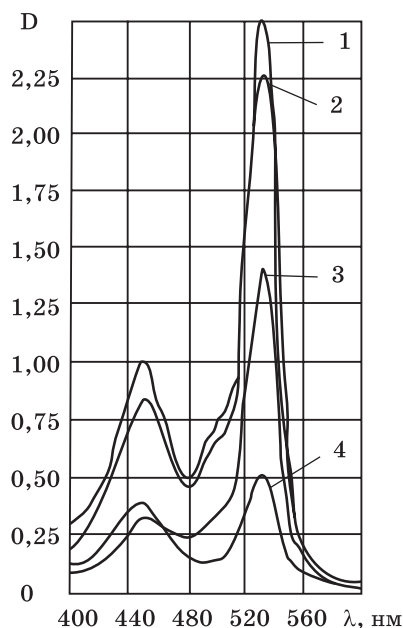


Рис. 3. Спектрограми продуктів окислення молочного жиру з 2-ТБК після 6 діб зберігання за температури (98 ± 2) °С з добавками: 1 — черемха звичайна (плоди) 0,1%; 2 — черемха звичайна (плоди) 0,2%; 3 — материнка звичайна 0,1%; 4 — материнка звичайна 0,2%

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

на 19 %, з перстачем прямостоячим — на 27 %, а з шишечками вільхи — знизилась на 13 %. Це, можливо, пов'язано з витрачанням частини екстрактивних речовин добавки в окислювальних перетвореннях жиру. Разом з тим, оптична густина цього зразка з λ 450 нм була вища аналогічного показника λ 535 нм в 1,4 раза. У жирі з додаванням звіробою звичайного діальдегідів містилось у 2,9 раза, а з перстачем прямостоячим — у 3,7 раза більше, ніж моноальдегідів. Отже, розгалуження ланцюгових радикальних реакцій пов'язане в основному з утворенням діальдегідів у молочному жирі.

Тривале зберігання молочного жиру зумовило інтенсивне автоокислення і накопичення великої кількості діальдегідів у всіх дослідних зразках з добавками. За період з 6 до 10 діб кількість діальдегідів у жирі з добавкою звіробою (0,2 %) і перстачу прямостоячого (0,2 %) збільшилась у 2,2 раза, а шишечок вільхи — у 9,4 раза. Досить висока концентрація діальдегідів накопичилась також у жирі з додаванням квітів бузини (0,1 %), хоча на 17 % менше, ніж у зразку з шишечками вільхи 3, 4 до 10 діб цей показник підвищився у 8,3 раза. У всіх зразках помітне накопичення моноальдегідів, за виключенням жиру з шишечками вільхи, в якому їх містилось в 1,86–1,65 раза менше. За період з 6 до 10 діб кількість моноальдегідів збільшилась у зразках жиру з добавками звіробою звичайного у 2,5 раза, перстачу прямостоячого — у 3,5 раза, шишечок вільхи — в 1,8 раза.

Висновки. Таким чином, тривале зберігання молочного жиру призводить до суттєвого зниження антиокислювальної дії добавок рослинного походження і може характеризувати зміни дослідних зразків тільки в динаміці. Отримані результати свідчать про те, що використання як добавок різних антиоксидантів виявляє гальмівний ефект на утворення продуктів перекисного окислення, нейтралізуючи вільні радикали. Використані природні добавки у вигляді екстрактів можна використовувати як антиоксиданти у харчовому виробництві. Крім того, досліджені добавки безпечні і збагачують харчові продукти біологічно активними сполуками, які надають функціональних властивостей. Дослідження у визначеному напрямку є досить перспективними і необхідними з точки зору збереження якості харчових продуктів з вмістом біологічно цінних речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранников В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов. — М.: Колос, 2005. — 396 с.
2. Ивлева Т.Н. Окисление подсолнечного масла в эмульсии и антиоксидантное действие фенолов / Т.Н. Ивлева, А.Н. Николаевский, Т.А. Филлипенко, Л.А. Палагуш-кина // Известия вузов. Химия и хим. технол. — 2009. — 52, № 3. — С. 57–61.
3. Печерская Н.В. Сравнительная характеристика антиоксидантов растительного происхождения в составе жировых эмульсионных продуктов / Н.В. Печерская, В.Г. Байков, А.А. Кочеткова, В.В. Бессонов // Вопросы питания. — 2008. — № 4. — С. 20–22.
4. Плясунов И.В. Мониторинг загрязнения пищевых продуктов токсичными элементами / И.В. Плясунов, Л.А. Маюрникова, Н.К. Слепухина // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2002. — № 9. — С. 29–34.
5. Табакаева О.В. Сравнение стойкости к окислению и гидролизу купа-жированных растительных масел / О.В. Табакаева // Масложировая промышленность. — 2009. — № 2. — С. 13–15.

Надійшла до редколегії 26.11.10 р.

УДК 637.127.576.1

*В.М. Ковбаса, д-р техн. наук
Національний університет
харчових технологій
А.В. Юкало
Тернопільський державний
технічний університет
ім. І. Пулюя*

МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ БІЛКІВ КАЗЕЇНОВОГО КОМПЛЕКСУ

Проведено ідентифікацію білків казеїнового комплексу методами гел'фільтрації, іонообмінної хроматографії та електрофорезу в ПААГ. На основі порівняння отриманих результатів показано переваги та недоліки цих методів при визначенні загального казеїну і окремих казеїнових фракцій.

Ключові слова: казеїн, фракції, гел'фільтрація, іонообмінна хроматографія, електрофорез.

Casein complex proteins identification using such methods as: gel-filtration, ion-exchange chromatography and electrophoresis in PAAG was performed. During identification of total casein and casein fractions all advantages and disadvantages of these methods by comparing them were shown.

Key words: casein, fractions, gel-filtration, ion-exchange chromatography, electrophoresis.

Білки казеїнового комплексу молока є повноцінними харчовими білками, що входять до складу не лише молочних, але і ряду інших продуктів — хлібобулочних, кондитерських, м'ясних. При цьому казеїни використовуються для підвищення біологічної цінності, покращення амінокислотного скору, а також як структуроутворювачі [1]. Відкриття біоактивних пептидів серед продуктів протеолізу казеїнів дозволило розширити і більш об'єктивно оцінити їхнє значення у формуванні біологічної цінності харчових продуктів [5]. У зв'язку з цим в окремих випадках використовують казеїнові фракції, які є джерелом певних біоактивних пептидів (антигіпертензивних, опіоїдних, антитромботичних, імуномодуляторних, фосфопептидів та інших) [5].

Сказане свідчить про велике значення загального казеїну та його фракцій у харчуванні людини. В той же час широке використання білків казеїнового комплексу, можливість їх заміни менш цінними білками зумовлюють необхідність розробки ефективних і доступних методів ідентифікації та визначення загального казеїну і його фракцій у сумішах білків різної складності і концентрації в присутності інших харчових речовин. При цьому повинні враховуватися дані сучасної міжнародної класифікації казеїнів [4].

У зв'язку з цим метою даної роботи є порівняльна характеристика методів ідентифікації загального казеїну та його фракцій у відповідності до їх сучасної класифікації.

Для дослідження фракційного складу використовували свіжевиділені білки казеїнового комплексу, які осаджували із знежиреного молока в ізоелектричній точці (рН 4,6), промивали дистильованою водою і розчиняли при рН 7,5. Процедура повторяли тричі. Після інактивації природних протеолітичних ферментів отриманий загальний казеїн розчиняли у водних буферах для зразків. Концентрацію у зразках або хроматографічних фракціях визначали методом Лоурі або спектрофотометрично при довжині хвилі 280 нм, використовуючи коефіцієнти поглинання для загального казеїну та його фракцій, які були встановлені раніше [6].

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Для ідентифікації казеїнових фракцій виділяли основні компоненти казеїну із очищеного загального казеїну. При цьому α_{s1} -CN-8P і β -CN-5P диференційно осаджували в ізоелектричній точці в присутності сечовини. Деталі процедур диференційного осадження описані в роботі [7]. Одержані α_{s1} -CN-8P і β -CN-5P містили значну кількість домішок. Для подальшого очищення ці фракції розчиняли в хроматографічному буфері (0,01 М імідазол, 3,3 М сечовина, рН 7,0) і наносили на колонку з ДЕАЕ-целюлозою та проводили хроматографію в градієнті іонної сили. Гомогенний κ -CN-1P виділяли шляхом повторної гель-фільтрації, як описано раніше [2]. Для швидкого очищення всіх фракцій від низькомолекулярних домішок і компонентів хроматографічних буферів їх розчини наносили на колонку з сефадексом G-25, зрівноважену водою або буфером, необхідним для подальших досліджень, і здійснювали гель-фільтрацію. Для зберігання препаратів казеїнів ліофілізували.

Гомогенність препаратів казеїнових фракцій на різних етапах виділення та очищення досліджували за допомогою електрофорезу на вертикальних пластинках поліакриламідного гелю [7]. При цьому застосовували лужну буферну систему (рН 7,0, 0,003 М ЕДТА і 4,5 М сечовину). Комірки гелю наповнювали 10 мкл розчину казеїну. Після електрофорезу пластинки фіксували 7 % розчином оцтової кислоти і забарвлювали 1 % розчином амідочорного 10 Б. Електрофореграми очищених зрізків α_{s1} -CN-8P, β -CN-5P і κ -CN-1P показані на рис. 1.

Серед методів дослідження білкового складу часто використовується гель-фільтрація. Це пояснюється відносною простотою і доступністю цього методу, можливістю багаторазового використання хроматографічної системи для гель-фільтрації. Враховуючи попередні роботи нами була вибрана система, яка дозволяла за рахунок дезагрегуючого агенту (6 М сечовина) запобігати утворенню надмолекулярних структур казеїнів [2]. Відомо, що казеїни характеризуються вираженою тенденцією до агрегації в розчинах. В якості буферу використовували 0,001 М тріс-НСІ буфер з рН 7,7. Препарати загального казеїну і його фракцій поступово розчиняли в хроматографічному буфері, доводячи їх концентрацію до 2,5 % (загальний казеїн) і 0,7 % (фракції). Отриманий розчин центрифугували (10 000 g, 15 хв) для видалення нерозчинних частинок і вносили в колонку з сефадексом G-150 попередньо зрівноваженим хроматографічним буфером. Гель-фільтрацію проводили при швидкості елюції 23 мл/год, відбирали по 5 мл елюату і спектрофотометрично визначали вміст білків за поглинанням при 280 нм. Типова хроматограма загального казеїну і його фракцій показана на рис. 2.

Отримані результати свідчать про можливість виділення загального казеїну за характерним хроматографічним профілем в сумішах харчових речовин, які не містять високомолекулярних білків. Відносно чистий κ -CN-1P знаходиться в першій хроматографічній фракції загального казеїну. Вміст цієї фракції дещо перевищує її процент (до 15 %) у складі загального казеїну, що може бути пов'язано з присутністю α_{s2} -CN фракцій. Оскільки κ -CN-1P характеризується найнижчим значенням молекулярної маси — він повинен елюватися з більшим об'ємом буферу, ніж α_{s1} -CN-8P і β -CN-5P. Але у зв'язку з наявністю у його первинній структурі залишків цистеїну, κ -CN-1P утворює у розчинах олігомери, що включають переважно 6 субодиниць. Такі олігомери виходять з вільним об'ємом колонки. Що стосується фракцій α_{s1} -CN-8P і β -CN-5P, то їхні піки у значній мірі співпадають і розділення їх малоефективне.

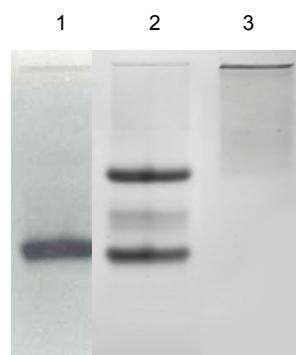


Рис 1. Електрофореграми виділених фракцій: 1 — α_{s1} -CN-8P, 2 — β -CN-5P, 3 — κ -CN-1P

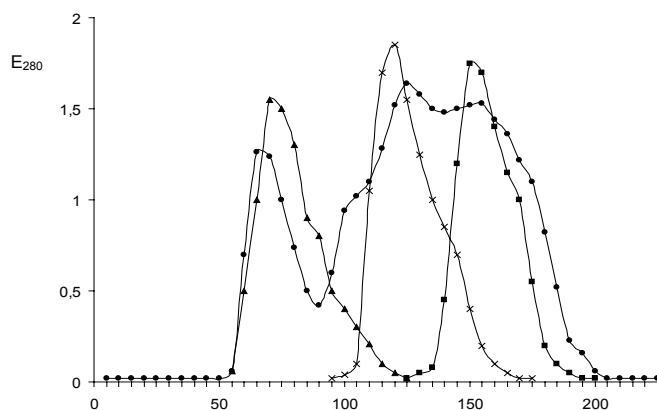


Рис. 2. Хроматограми загального кислого казеїну (•) κ -CN-1P (▲), β -CN-5P (×) і α_{s1} -CN-8P (■), отримані на сефадексі G-150 у присутності сечовини

Для аналізу казеїнів методом іонообмінної хроматографії нами була використана ДЕАЕ-целюлоза, яка застосовувалася для кількісного виділення окремих фракцій казеїну [6]. Після стандартної обробки ДЕАЕ-целюлозу вносили у колонку і зрівнювали буфером (0,01 М тріс-НСІ, 3,9 сечовина, рН 7,5). Використання буферу з такими параметрами забезпечує ефективне розділення і не впливає на хроматографічний профіль в порівнянні з буферами, які використовувалися раніше [6, 7]. Незначне утворення агрегатів, в першу чергу α_s -фракціями, очевидно, мало впливає на їхню спорідненість до іонообмінника і, відповідно, на об'єм виходу з колонки.

Результати іонообмінної хроматографії загального казеїну (300 мг) і його фракцій α_{s1} -CN-8P (50 мг) і β -CN-5P (50 мг) показані на рис. 3. Отримано характерне розділення казеїнових фракцій. Пробірки з елюатом, які входять до складу

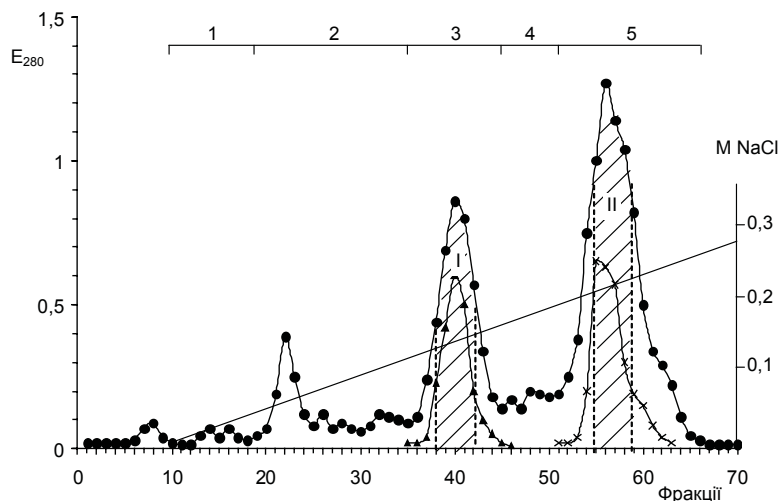


Рис. 3. Хроматограми загального казеїну (•), β -CN-5P (▲) і α_{s1} -CN-8P (×), отримані на ДЕАЕ-целюлозі. Лініями зверху позначені фракції, які відбирали для визначення казеїнових фракцій. Заштриховані ділянки використовували для електрофоретичного аналізу

позначених п'яти фракцій, об'єднували і визначали його об'єм. Частину (по 5 мл) кожної об'єднаної фракції відбирали для діалізу і електрофоретичного аналізу фракційного складу, а другу частину залишали для визначення кількості білків в об'єднаних фракціях. Електрофоретичний аналіз показав, що у двох хроматографічних фракціях (3 і 5) знаходяться гомогенні білки. Це відповідно β -CN-5P у заштрихованій частині фракції 3 і α_{s1} -CN-8P у заштрихованій частині фракції 5 (рис. 4). Інші фракції містять суміші казеїнів. Так, хроматографічна фракція 1 включає β -CN-1P (*f* 29-209), β -CN-(*f* 106-209) і β -CN-(*f* 108-209) фрагменти; фракція 2 складається з одного головного і декількох міnorних фосфоглікопротеїдів κ -CN-1P; фракція 4 містить суміш α_{s2} -CN-13P, α_{s2} -CN-12P, α_{s2} -CN-11P і α_{s2} -CN-10P. Необхідно відзначити, що фракція 5 крім α_{s1} -CN-8P включає невелику кількість α_{s1} -CN-9P. Співвідношення кількості окремих білків в об'єднаних хроматографічних фракціях визначали спектрофотометрично, використовуючи раніше встановлені коефіцієнти поглинання $E_{1\text{см}}^{1\%}$ при 280 нм [1, 4].

Електрофорез у поліакриламідному гелі часто використовується для аналізу харчових сумішей, що містять загальний казеїн або його фракції. Рекомендований комітетом по номенклатурі, класифікації і методології молочних білків варіант електрофорезу дозволяє ідентифікувати всі фракції казеїнів [3]. Це дві фракції α_{s1} -CN, чотири фракції α_{s2} -CN, β -CN-5P, декілька фракцій κ -CN-1P і три великі фрагменти β -CN. Проте цей метод має певні недоліки. До них можна віднести: складність кількісної обробки даних; значні проблеми ідентифікації казеїнів у присутності інших харчових білків (особливо у багатокомпонентних сумішах); складність виділення окремих електрофоретичних фракцій для подальшого аналізу іншими методами; дороге обладнання і реактиви. Методи гель-фільтрації та іонообмінної хроматографії володіють меншою роздільною здатністю, проте дозволяють точніше провести кількісний аналіз і є більш доступними. При цьому є можливість виділення білкових фракцій, які після діалізу і ліофілізації можуть бути використані для детальнішого аналізу іншими методами (імунохімічними, електрофоретичними, амінокислотним аналізом та ін.).

Висновки. За відсутності інших білків в харчових сумішах методами гель-фільтрації та іонообмінної хроматографії можна ідентифікувати загальний казеїн, який найчастіше використовується в харчових продуктах і утворює характерні хроматографічні профілі. З окремих казеїнових фракцій методом гель-фільтрації можна ідентифікувати κ -CN-1P в присутності низькомолекулярних харчових білків. Іонообмінна хроматографія на ДЕАЕ-целюлозі дозволяє ефективно ідентифікувати і виділити дві основні фракції казеїнів — α_{s1} -CN-8P і β -CN-5P.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбатова К.К. Химия и физика белков молока / К.К. Горбатова — М.: Колос, 1993. — 192 с.
2. Юкало В.Г. Двохстадійне фракціонування казеїну гель-фільтрацією / В.Г. Юкало, Л.А. Сторож, Н.М. Барська // Молочна промисловість. — 2007. — №7. — С. 49–52.
3. Eigel W.N. Nomenclature of proteins of cow's milk: Fifth revision / W.N. Eigel, J.E. Butler, C.A. Ernstrom // J. Dairy Sci. — 1984. — Vol. 67, № 8 — P. 1599–1631.

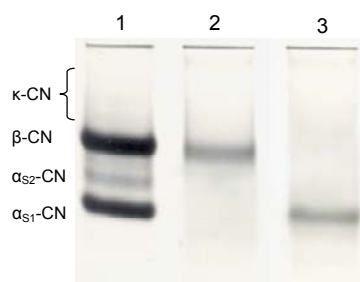


Рис. 4. Електрофореграма загального казеїну (1), а також хроматографічних фракцій, отриманих на ДЕАЕ-целюлозі (рис. 3): 2 — перша заштрихована фракція; 3 — друга заштрихована фракція.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

4. Farrell H.M. Nomenclature of the proteins of cows' milk — sixth revision / H.M. Farrell, R. Jimenez-Flores, G.T. Bleck // *J. Dairy Sci.* — 2004. — Vol. 87, № 6. — P. 1641–1674.

5. Meisel H. Multifunctional peptides encrypted in milk proteins / H. Meisel // *Bio Factors.* — 2004. — Vol. 21. — P. 55–61.

6. Ribadeau-Dumas B. Milk protein analysis / B. Ribadeau-Dumas, R. Grappin // *Lait.* — 1989. — Vol. 69, № 5. — P. 357–416.

7. Yukalo V.G. Obtaining of casein protein complex fractions from cow milk / V.G. Yukalo // *Nutracos.* — 2005. — № 5. — P. 17–19.

Надійшла до редколегії 4.04.2011 р.

УДК 577.156:637.2

*І.І. Кишенько,
канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій*

ПЕРСПЕКТИВИ ОТРИМАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВОГО СТАБІЛІЗАТОРУ З КОЛАГЕНВМІСНОЇ СИРОВИНИ В М'ЯСОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Проаналізовано сучасні тенденції на проблему використання вторинної м'ясної сировини в практиці вирішення світової проблеми білкового дефіциту та показана можливість отримання білкових препаратів з колагенвмісної сировини з метою удосконалення технології м'ясних виробів та розширення їх асортименту.

Ключові слова: білкові препарати, колаген сполучної тканини, технологія виробництва, оптимальні параметри, температура плавлення, сушка.

Now we are inform the modern look on the problem using secondary raw meat materials in practice to work out the problem albumen and show a way receive aluminium preparats from raw collagen materials with the aim to perfection technologies of meat production and widening they choosng.

Key words: albumen preparats, collagen of connection texture, technologies production, patronise indicate, temperature of heating, drying.

Підвищену біологічну цінність серед харчової сировини мають продукти тваринного походження, особливо м'ясні. Раціональне використання харчового потенціалу м'ясної сировини, ефективність процесів її переробки є визначним моментом в вирішенні питання пов'язаного з задоволенням фізіологічних потреб людини, а також з екологічними аспектами її існування та є актуальним на всіх етапах розвитку людства. Але на підприємствах м'ясопереробної промисловості весь час виникає проблема переробки м'ясної сировини низької якості, яка пов'язана з використанням на виробництві м'яса після тривалого зберігання, різних класифікаційних груп, а також м'яса птиці після механічного обвалювання та сировини з підвищеним вмістом жиру та сполучної тканини. Все це є причиною зниження якості та виходу готових м'ясних виробів. Тому для отримання м'ясних продуктів стабільної якості при переробці сировини з низькими функціонально-технологічними властивостями, сучасна технологія, як наука, передбачає моделювання властивостей такої сировини шляхом введення в її склад необхідної кількості речовин що стабілізують структуру і доповнюють дію м'ясних білків.

Метою даної роботи є: аналітичні дослідження перспективи отримання білкового стабілізатору з колагенвмісної сировини, з'ясування сучасних поглядів на місце тваринних білків в вирішенні проблеми білкового дефіциту та вдосконалення технології м'ясних виробів.

З харчових речовин, необхідних для задоволення фізіологічних та біологічних потреб організму людини, найбільш цінним є білок. Встановлено, що для задоволення мінімальних потреб людини в білковій їжі, об'єм її виробництва в найближчі 20 років необхідно збільшити в 4–7 разів, а продукцію тваринництва — в 9 разів, в зв'язку з чим, головна роль в вирішенні проблеми відводиться сільськогосподарському і переробному виробництвам, як основним постачальникам тваринних білків [1].

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Одним з важливих білкових ресурсів тваринного походження є м'ясо, яке представляє собою сукупність тканин і клітин, структура і функції яких пов'язані з наявністю спеціальних білків. Зі зростанням дефіциту білків в раціоні людини, вченими було доведено функціональність так званих побічних продуктів, що формуються при виробництві м'яса. Розуміння суті та розкриття механізмів функціонування в живому організмі білків крові, м'язової і сполучної тканин, кератинів привело до формування та розвитку концепції максимального використання сировини на основі маловідходних та безвідходних технологій виробництва харчових продуктів.

Створення прогресивних технологій виробництва білкових препаратів тваринного походження базується на глибоких знаннях особливостей тканинної структури, хімії, функціональних властивостей, харчової та біологічної цінності білків всіх вторинних продуктів та малоцінних відходів. Але відомості про комплексні властивості таких білків не систематизовані, та вимагають узагальнення.

Проведений аналіз наявної літератури з даного питання свідчить про необхідність вивчення ресурсів вторинної м'ясної сировини та розробки раціональних технологій її переробки. Так, за морфологічною будовою м'яса яловичини в її складі міститься сполучної тканини від 9 до 14 % від маси туші, а при переробці туш отримують до 3,5 % відходів: сухожиль, хрящів, плівок і інших побічних продуктів обвалювання, зачистки та жилування. За розрахунками, ця група вторинної м'ясної сировини орієнтовно вміщує до 25–30 % білка і до 7–15 % жиру, що характеризує її як високоцінний харчовий продукт. Ця сировина складається в основному з сполучної тканини (до 80 %) з незначними включеннями м'язової і жирової тканин. Склад і будова сполучної тканини відходів обвалювання, зачистки і жилування різний. Так у відходах обвалювання і жилування спостерігається підвищена кількість еластинових волокон і є в наявності товсті колагенові пучки з перехресною структурою, що визначає специфіку і відмінність даного виду м'ясної сировини [2].

В основі використання колагенвмісної сировини в м'ясній промисловості лежить здатність колагену до дезагрегації під дією високих температур, так при тривалому нагріванні з водою колаген розщеплюється. Внаслідок теплової дії на колаген відбувається його денатурація й частковий гідролітичний розпад з утворенням високо- і низькомолекулярних продуктів, які характеризуються високою функціональністю (зв'язують воду й емульгують жир), що в певній мірі компенсує різке зменшення вологоутримуючої здатності білків м'язової тканини (саркоплазми та міофібрил) в зв'язку з денатурацією при тепловій обробці. Саме ця властивість зумовлює використання колагеновмісної сировини у виробництві м'ясопродуктів [2].

Слід підкреслити, що можливості використання колагенвмісної сировини при виробництві м'ясних продуктів, в наш час ще не вичерпані. Вони можуть бути розширені за рахунок: 1) залучення вторинних продуктів переробки птиці; 2) більш глибокої попередньої обробки сировини, аж до виділення чистих інгредієнтів; 3) конверсії білків ущільненої структури; 4) модифікації хімічного складу

Одним із напрямів використання колагенвмісної сировини, що базується на функціональності білку колагену, є отримання з свинячої шкурки, яка складає 3–8 % від маси свинини що переробляється, білкового стабілізатора з високими функціонально-технологічними властивостями.

При виготовленні м'ясних виробів велике значення має кількісний вміст білку в м'ясній системі. Від якісного складу білку та умов середовища залежить ступінь стабільності м'ясних систем, рівень водозв'язуючої здатності, розчинність, жиропоглинаюча та жиротримуюча здатність, а також поверхнево-активні властивості. На характер взаємодії системи білок-вода впливає розчинність білкових систем, кон-

центрація, вид, склад білка, ступінь порушення нативної конформації, глибина денатураційних перетворень, наявність та концентрація солей в системі. Тому, наші дослідження були спрямовані на розроблення технології білкового стабілізатору з свинячої шкірки з високими технологічними властивостями. Розроблена технологія передбачає наступні технологічні операції: очищення, подрібнення, варіння, знежирення, охолодження, тонке подрібнення та сушіння колагенвмісної сировини (патент на корисну модель № 46518).

Колагени різних видів тварин розрізняються за температурою плавлення. При цьому, процес скорочення колагенових волокон при термообробці, залежить від віку тварини та пов'язаний з міцністю волокон. Встановлено, що на температуру плавлення колагенів впливає температура тіла тварин, яка корелює з вмістом амінокислот (проліну і гідроксипроліну) в колагені. А стабільність спіралі окремих ланцюгів тропоколагену залежить від кількості залишків проліну і гідроксипроліну [2].

Для вибору оптимального температурного режиму обробки свинячої шкірки нами вивчалася ступінь порушення нативної конформації колагену в залежності від анатомічного розташування ділянок свинячої шкіри. Критерієм стабільності спіралі тропоколагену бокової та хребтової ділянок шкіри свиней слугувала температура плавлення, при якій спіралізованість структури втрачається наполовину (рис. 1).

Крива плавлення колагену хребтової ділянки шкіри (34 °С).

Для досліджень використовували свинячу шкірку з хребтової та бокових ділянок туш свиней третьої категорії вгодованості у віці 8 місяців, температуру плавлення визначали після 3 діб зберігання при температурі 0–2 °С [3].

Температура плавлення молекули колагену бокової 30 °С та хребтової 34 °С ділянок шкіри свиней свідчить про втрату волокнистої структури тропоколагеном. Це температура при якій тепловий рух долає силу, що стабілізує спіраль колагену, в результаті чого структура руйнується та фізичні властивості колагену різко змінюються.

На наступному етапі досліджень, з метою отримання сухого білкового стабілізатора, визначали раціональні режими сушіння колагенового гідролізату, так як тривале нагрівання тропоколагену зумовлює гідротермічний розпад на складові макромолекули — пептиди в результаті руйнування водневих зв'язків між ними. Подальше нагрівання за підвищених температур приводить до гідролізу пептидних зв'язків з утворенням низькомолекулярних продуктів — глютоз (желатоз). Наявність глютоз знижує гідратацію системи та негативно впливає на драгле утворення та знижує гідрофільність [4]. Швидкість та ступінь розпаду колагену при тепловій обробці різко зростає зі збільшенням ступеня подрібнення сполучної тканини. При подрібненні, достатньому для руйнування морфологічної структури сполучної тканини, розпад колагену при нагріванні відбувається з однаковою швидкістю для різних видів колагенової сировини, а саме бокової та

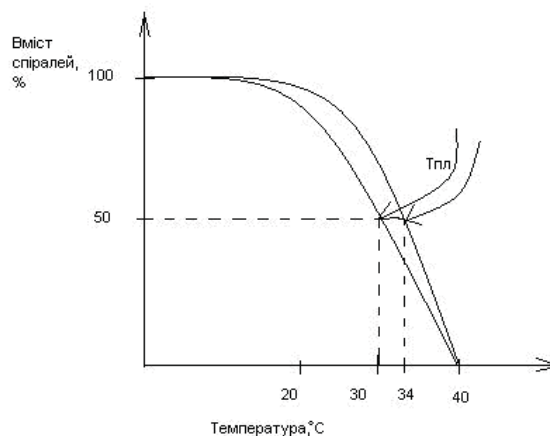


Рис. 1. Крива плавлення колагену бокової ділянки шкіри (30 °С)

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

хребтової ділянок шкури свиней. Масову долю білка в колагеновмісній сировині визначали фотометричним методом з попереднім мокрим озоленням зразків за Кельдалем, фракційний склад білків — послідовним екстрагуванням білкових фракцій специфічними розчинниками та їх якісним визначенням за методом Біурета [2]. Вплив температури і тривалості нагрівання на швидкість гідролітичного розпаду колагену (зменшення білкового азоту) наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Вплив температури і тривалості нагрівання на швидкість гідролітичного розпаду колагену

Час нагрівання, хв.	Температура, °С	Білковий азот, %
20	70	0,012
30	80	0,015
40	90	0,026
50	100	0,041
60	110	0,076
90	110	0,090
120	110	0,090
130	108	0,081
140	104	0,046
150	100	0,020

Ступінь розвитку після денатураційних процесів зростає з підвищенням температури і з збільшенням тривалості теплової обробки.

Аналіз експериментальних даних показує, що з точки зору інтенсифікації процесу сушіння, доцільною є температура обробки в межах 90°С. Але остаточне рішення, щодо раціональних режимів обробки можна прийняти лише після оцінки функціонально-технологічних властивостей білкового стабілізатору, оскільки якість готового продукту залежить від глибини денатураційних перетворень.

Висновки. Матеріали, наведені у статті, дозволяють зробити висновки щодо перспективності наряду з використанням білкового стабілізатору з колагеновмісної сировини. Використання отриманого білкового стабілізатора, при переробці м'ясних продуктів дозволить компенсувати недоліки м'язових білків, отримати стійку структуру готових виробів, збільшити вихід готової продукції при одночасному зниженні витрат м'ясної сировини, стабілізувати якість, знизити втрати при термообробці, підвищити харчову та біологічну цінність м'ясних продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Рогов Й.А., Антипова Л.В., Шуваєва Г.П.* Пищевая биотехнология. — М.: КолосС, 2004.
2. *Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А.* Методы исследования мяса и мясных продуктов. — М.: Колос, 2001.
3. *Антипова Л.В., Глотова И.А.* Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной отрясли. — СПб.: Гиорд, 2006.
3. *Антипова Л.В.* Получение и свойства колагенового субстрата из животной ткани /Л.В. Антипова, И.А.Глотова//Биотехнология. — 1999. — №5. — С. 47...54.
4. *Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А.* и др. Пищевая химия / Под ред. Нечаева. — СПб.: Гиорд, 2007.

Надійшла до редколегії 18.11.2010 р.

УДК 543.645.6

П.В. Погрібний, д-р мед. наук,
Н.М. Грегірчак, канд. техн. наук
Є.С. Зайцева
Національний університет
харчових технологій

ОСОБЛИВОСТІ ВИДІЛЕННЯ І ОЧИСТКИ БЕТА-ДЕФЕНСИНУ-2 ЛЮДИНИ

Представлено результати експерименту за схемою виділення та очистки бета-дефенсину-2 людини із застосуванням афінної і зворотньо-фазової хроматографії. Показано, що препарат чистого hBD-2 було елюйовано в діапазоні концентрацій 40–70 % ацетонітрила.

Ключові слова: бета-дефенсин-2 людини, антимікробні властивості, хроматографія.

The results of the experiment under the scheme isolation and purification of human beta-defensin-2 using affinity chromatography are presented. It was determined that the preparation of pure hBD-2 was desorbed with concentrations in the range of 40–70 % acetonitrile.

Key words: human beta-defensin-2, antimicrobial properties, chromatography.

Дефенсини людини є об'єктом інтенсивних досліджень, спрямованих на встановлення їх структури, біологічних функцій та особливостей експресії *in vivo* та *in vitro* в нормі та за умов патології, в тому числі онкопатології. Дефенсини було відкрито як антимікробні пептиди, що мають широкий спектр дії щодо грампозитивних та грамнегативних бактерій, грибів та вірусів, які мають оболонку. У людини та інших ссавців антимікробні пептиди представлено двома головними сімействами — дефенсини та кателіцидини. Дефенсини представлені в усіх типах епітеліальних клітин ссавців, лімфоїдних клітинах, зокрема нейтрофілах та макрофагах, де їх вміст часто перевищує мілімолярні концентрації. Кателіцидини за своєю фізіологічною дією дуже подібні до дефенсинів, але відрізняються від останніх структурною організацією.

Усі антимікробні пептиди діють на широкий спектр мікроорганізмів, а також гриби та віруси. Тим самим, ці речовини складають важливий компонент неспецифічного природженого імунітету, функцією якого є миттєва відповідь на інфікування, затримка бактеріальної колонізації для формування та розвитку специфічної імунної відповіді, а також контроль над мікрофлорою [1].

Бета-дефенсин-2 людини (hBD-2) може впливати на систему адаптивного імунітету і прямо активувати дендритні клітини. Як речовини з потужними ад'ювантними властивостями, дефенсини можуть впливати на здатність адаптивної імунної системи впізнавати фрагменти білків клітин, у тому числі пухлинних. У зв'язку з цим вони можуть бути використані у клініці не тільки як антибіотики для поверхневого застосування, але і як компоненти протипухлинних вакцин [2].

Окрім основної антимікробної дії встановлено, що дефенсини володіють і іншими активностями. Дослідження останніх років показали, що дефенсини можуть приймати участь в функціонуванні імунної системи, регенерації тканин та туморогенезі. Дослідженнями кількох наукових груп було виявлено, що дефенсини можуть впливати на різні ланки імунної системи, підсилюють продукцію специфічних антитіл, викликають хемотаксис імунокомпетентних клітин та активують незрілі дендритні клітини, більш того, можуть стимулювати-пухлинний ангиогенез. У кількох дефенсинів виявлено хемокін-подібну активність та вста-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

новлено, що вони є хемотактиками для моноцитів, тучних клітин, дендритних клітин та Т-клітин, тим самим здійснюючи зв'язок між системами природженого та адаптивного імунітету.

Таблиця 1. Пептидні антибіотики еукаріот

Пептиди	Особливості структури	Організм/тканина	Антимікробний спектр
Дефенсини рослин	4-дисульфід	Рослини	Гриби
α -дефенсини β -дефенсини	3-дисульфід, β -складки	Нейтрофіли та епітелій хребетних	Бактерії, гриби, оболонкові віруси
Дефенсини комах	3-дисульфід, α -спіраль та β -складки	Гемолімфа артроподів, моллюсків	Грам-позитивні бактерії
Деякі тіоніни (крабмін)	3- чи 4-дисульфід, 2 α -спіралі + β -складки	Рослини	Бактерії, гриби, клітини ссавців
Протегріни, тахіплезіни, поліфемузини	2-дисульфід, β -складки	Нейтрофіли свині, гемоцити краба	Бактерії, гриби, оболонкові віруси
Циклічний додекапептид (бактеницин-1), раналексин, бревінін	1-дисульфід, циклічні чи частково циклічні	Лейкоцити жуйних	Бактерії
Цекропіни, магаїнін, PGLa, LL-37 Бактенецини 5 чи 7, PR-39, профенін, індолцидін, діптерицин, апідецин, гістатин	α -спіраль	Гемолімфа комах, шкіра амфібій, лейкоцити ссавців	Бактерії
	Лінійні з повторними мотивами чи домінуючими амінокислотами	Лейкоцити ссавців, гемолімфа комах, слина людини	Бактерії, гриби

У ссавців основною родиною антимікробних пептидів є дефенсини. На основі структурних особливостей на генетичному і білковому рівнях, а саме за різницею в позиції цистеїнів і, відповідно, в положенні дисульфідних зв'язків дефенсини відносять до двох родин: α - та β -дефенсинів. Між цими двома класами існує невелика ідентичність на рівні первинної послідовності, але вони подібні за просторовою структурою. Молекули різних дефенсинів складаються з 28–45 амінокислотних залишків, характеризуються наявністю шести інваріантно розташованих залишків цистеїну, що утворюють три внутрішньомолекулярні дисульфідні зв'язки таким чином, що молекули дефенсинів формують β -складчасту структуру на протязі 10 амінокислотних залишків, та високим вмістом основних і гідрофобних амінокислот [3].

Пептиди родини дефенсинів було вперше виділено із альвеолярних макрофагів кроля, а невдовзі знайдено в нейтрофілах кроля, людини, щура і морської свинки. На сьогодні відомо 6 β -дефенсинів людини — hBD-1-6. У людини вперше β -дефенсин (hBD-1) було знайдено при аналізі великої кількості гемофільтрату. Потім послідовно hBD-1 було винайдено в сечі, епітелії нирок, підшлунковій залозі, слинних залозах, кон'юнктиві, слізних залозах, дихальних шляхах, жіночій сечостатевої системі, молочній залозі, зовнішньому слуховому каналі та в плаценті. Другий β -дефенсин, hBD-2, було ідентифіковано в псоріатичній шкірі як продукт кератиноцитів, а пізніше винайдено в інфікованій кон'юнктиві, епітелії дихальних шляхів, сечостатевої системі. Експресію hBD-3 було відмічено в серцевій тканині, скелетних м'язах, плаценті, ембріональному тимусі, шкірі, стравоході та гінгівальних кератиноцитах. Експресію hBD-4 було виявлено в епітелії дихальних шляхів, де вона зростала в 1,5-7 разів після інфекції *Pseudomonas aeruginosa* та *Streptococcus pneumoniae*. Найвищий рівень експресії hBD-4 спостерігається у передміхуровій залозі, дещо нижчий — в антральному відділі шлунка, матці, нейтрофілах, тироїдній залозі, легенях та нирках [4].

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Таблиця 2. Спектр антимікробної активності та гістологічний розподіл дефенсинів

Дефенсин	Вид тварини	Тканина	Спектр активності
MCP-1, 2	Кріль	Макрофаги легень	Г+, Г-, гриби, обол. віруси
NP-1-5	Кріль	Нейтрофіли	Г+, Г-, гриби, обол. віруси
GNCP1-2	Морська свинка	Нейтрофіли	Г+, Г-, гриби, обол. віруси
RatNP 1-4	Пацюк	Нейтрофіли	Г+, Г-, гриби
HNP 1-4	Людина	Нейтрофіли	Г+, Г-, гриби, обол. віруси
Криптдини	Миша, пацюк	Клітини Панета	Г+, Г-, гриби, найпростіші
HD 5,6	Людина	Клітини Панета	Невідомо
BNBD 1-13	Велика рогата худоба	Нейтрофіли	Г+, Г-, гриби
TAP	Велика рогата худоба	Трахея	Г+, Г-, гриби
LAP	Велика рогата худоба	Язик	Г+, Г-, гриби
Галінацини; CNP, TNP	Курчата, індики	Гетерофіли	Г+, Г-, гриби
Дефенсини метеликів (в тому числі сапедин, формія А та В)	Метелики	Жирові тільця, гемолімфа, тромбоцитоди	Г+
Дефенсин скорпіона	Скорпіон	Гемолімфа	Г+
Роялізін	Бджоли	Гемолімфа	Г+

Примітка. Г+ — грампозитивні, Г- — грамнегативні бактерії

Таким чином, узагальнюючи наведені вище дані (табл. 1–2), можна зробити висновок, що продукція пептидів з властивостями антимікробних речовин широкого спектру дії властива майже всім філогенетичним групам еукаріотів.

Метою даної роботи є виділення та очистка бета-дефенсину-2 людини, який експресується епітеліальними клітинами і характеризується широким спектром біологічної дії — від антимікробної до хемотактичної.

Для трансформації, отримання плазмідних векторів та експресії білків використувались штамп *Escherichia coli* BL21DE3, наданий ІМБІГ НАНУ (Київ, Україна).

Бактеріальну культуру штаму *Escherichia coli* BL21DE3, трансформовану вектором pGEX-2T з клонованим фрагментом кДНК hBD-2, культивували в поживному середовищі Лур'є-Бертрані (LB), що містило г/л, NaCl — 10, бактотриптона — 10 та дріжджового екстракту — 5. 10 мл культури *E. coli* (10-12 год росту) вносили до 1 літра LB-середовища і культивували за температури 37 °C до оптичної густини $OD_{610} = 0.6$ при $\lambda = 610$. Для індукції культури додавали 1М IPTG (до фінальної концентрації 1 мМ), після чого інкубували 7 год за температури 37 °C. Клітини осаджували центригуванням (3000 об/хв) впродовж 20 хв. Селекцію та зберігання рекомбінантних колоній проводили на агаризованому середовищі LB, що містило 100 мкг/мл ампіциліну.

Для отримання лізату клітинний осад ресуспендували в лізуючому буфері. Проводили сонікацію (44 кГц, 6 разів по 15 с з інтервалами по 15 с) на ультразвуковому дезінтеграторі (UD-11 Automatic, Польща). Лізат освітлювали центрифугуванням (17000g) на центрифугі типу еппендорф (Eppendorf 5415C, США) та визначали концентрацію білка.

Для очистки GST-hBD-2 злитого білка з лізату бактеріальної культури застосовували афінну хроматографію з використанням колонки GSTrap (№17-5131-01, Amersham Biosciences) об'ємом 2 мл. Отриманий лізат бактеріальних клітин пропускали через колонку з розрахунку 9 мг тотального білка лізата на 1 мл сфарози. Для кращого зв'язування GST-злитого білка з носієм, колонку поміщали

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

на шейкер на 1 год за температури + 4 °С. Після цього незв'язаний білок елюювали, колонку промивали 10 мл PBS-T буфером (20 мМ Tris-HCl, pH 7,5; 150 мМ NaCl; 1 мМ EDTA; 1 % Triton x-100). Наступною стадією було додавання тромбіну до злитого hBD-2-GST-білка. Для створення оптимальних умов протеолізу колонку промивали 4 мл протеолітичного буферу (50 мМ Tris-HCl, pH 8,0; 150 мМ NaCl; 2,5 мМ CaCl₂, 0,1 % β-меркаптоетанол). Протеоліз проводили в 4 мл протеолітичного буферу на ротаторі впродовж 12-14 год за температури + 4 °С. Тромбін додавали з розрахунку 1U на 1 мг GST-злитого білку, що зв'язався з носієм. Після тромболізу, елюат, що містив hBD-2 та залишки тромбіну, підкислювали трифтороцтовою кислотою до pH 3,5 та центрифугували (1500 об/хв) для видалення денатурованого білка. Подальше очищення препарату hBD-2 від домішок білків здійснювали методом зворотньофазової хроматографії. Отриманий зразок hBD-2 після тромболізу наносили на колонку і проводили ступінчасту елюцію в градієнті ацетонітрила, підкисленого до pH 2,5 (від 20 до 100 % ацетонітрила). Всі фракції збирали та ліофільно висушували.

Для аналізу результатів індукції та очищення білків проводили електрофорез у вертикальних пластинах в системі буферів Леммлі в 7–22 % градієнтних поліакриламідних мінігелях товщиною 1 мм, використовуючи електрофоретичний прилад SE200 (Hoefer Scientific Instruments). Після закінчення електрофорезу гель виймали зі скляної форми і двічі нагрівали у розчині барвника (10 % льодяна оцтова кислота, 45 % метанол, 0,1–0,2 % Coomassie R-250) до температури кипіння, після чого інкубували по 10 хв на шейкері. Надлишок барвника відмивали розчином для відмивки (5 % льодяна оцтова кислота, 95 % вода) 3–4 рази таким же чином (нагрівали до температури кипіння, давали відстоятися, зливали).

Для отримання в достатній кількості чистого рекомбінантного β-дефенсину-2 людини, що було експресовано в бактеріальних клітинах *E. coli* у вигляді GST-hBD-злитого білка була застосована методика, наведена вище.

Використані режими індукції бактеріальних клітин та схема їх вирощування дозволили отримати злитий білок в кількості, що складає майже 25 % від тотального білка клітин.

Для виділення злитого білка з лізату бактерій наносили на колонку з глутатіон-агарозою, після зв'язування GST-hBD-2 з носієм, було підібрано оптимальні режими тромболізу злитого білка. За результатами експерименту оптимальним режимом є обробка тромбіном з розрахунку 1 U тромбіну на 1 мг GST-злитого білку та тромболіз впродовж 10–12 год при + 4°C.

Отриманий елюат містив рекомбінантний hBD-2 чистотою 70–80 %, та домішки тромбіну. Для повного очищення білка проводили зворотньофазову хроматографію, використовуючи систему Sep-Pack C18. В той час, як за низької концентрації ацетонітрилу було елюйовано домішки сторонніх білків, препарат чистого hBD-2 було елюйовано в діапазоні концентрацій 40–70 % ацетонітрила (рис. 1).

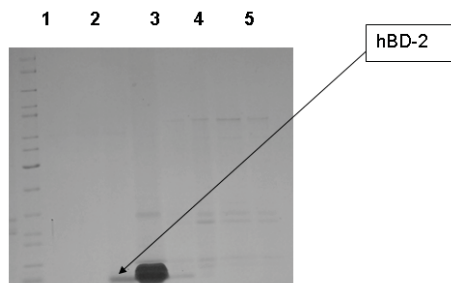


Рис. 3.3 Електрофореграма фракцій елюату при очищенні рекомбінантного білку hBD-2 шляхом зворотньофазової хроматографії: 1 — маркер молекулярних мас (PageRuller Protein Ladder, Fermentas, Литва); 2 — фракція, що була елюйована з колонки 30 % ацетонітрилу; 3 — фракція, що була елюйована з колонки 40 % ацетонітрилу; 4 — фракція, що була елюйована з колонки 70 % ацетонітрилу; 5 — фракція, що була елюйована з колонки 100 % ацетонітрилу

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Всі етапи очистки пептиду контролювали електрофоретично в градієнтному поліакріламідному гелі.

Висновки. З використанням методів афінної та зворотньофазової хроматографії оптимізовано схему виділення і очистки рекомбінантного бета-дефенсину-2 експресованого в бактеріях штаму *E. coli* BL21DE3 у вигляді злитого GST-hBD-2 білка. Препарат чистого hBD-2 було елюйовано в діапазоні концентрацій 40–70 % ацетонітрила. Схема отримання та очистки рекомбінантного пептиду дозволяє отримати приблизно 250 мкг чистого hBD-2 з 20 мг тотального білка лізату бактеріальних клітин *Escherichia coli*.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Izadpanah A.* Antimicrobial peptides // *J Am. Acad. Dermatol.* — 2005. — V. 52, № 3. — P. 381–387.
2. *Hoover D.M., Blumenthal R.P.*, The structure of human beta-defensin-2 shows evidence of higher order oligomerization. *J.Biol. Chem.* 2000, — 275.
3. *Garcia JR, Krause A, Schulz S, Rodriguez-Jimenez FJ, Kluver E, Adermann K, Forssmann U, Frimpong-Boateng A, Bals R, Forssmann WG.* Human α -defensin 4: a novel inducible peptide with a specific salt-sensitive spectrum of antimicrobial activity// *The FASEB Journal* — 2001. — Vol.15, № 1. — P. 1819–1821.
4. *Nishimura, Y. Abiko, Y. Kurashige, et al.* Effect of defensin peptides on eukaryotic cells: primary epithelial cells, fibroblasts and squamous cell carcinoma cell lines // *J. Dermatol. Sci.* — 2004. — V. 36, №2. — P. 87–95.

Надійшла до редколегії 12.11.2010 р.

УДК 663.15.:577.15

В.І. Стойко
Н.М. Жданова, д-р біол. наук
В.Л. Айзенберг, канд. біол. наук
Г.П. Капічон
Інститут мікробіології
і вірусології НАН України

ВПЛИВ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ НА СИНТЕЗ ІНУЛІНАЗИ PENICILLIUM SP. 225

Вивчено вплив деяких технологічних параметрів на біосинтез інулінази мікроміцетом *Penicillium* sp. 225. Визначені джерела вуглецевого (жмих топінамбуру) та азотного (азотно-кислий калій) живлення. Температура 20 С, об'єм поживного середовища 150 мл за швидкості перемішування 160 об/хв протягом 3-х діб є оптимальними параметрами культивування продуценту. При вирощуванні *Penicillium* sp. 225 на підбраному поживному середовищі інуліназна активність зросла у 9 раз.

Ключові слова: мікроміцети, інуліназа, умови культивування

*The influence of some technological parameters on the biosynthesis of exoinulinase of *Penicillium* sp. 225 was investigated. Defined the best of carbon (artichoke-cake) and nitrogen (potassium nitrate) sources. It was shown, that the temperature 20 C, volume of a nutritious medium 150 ml, rotation rate 160 rev/min during 3 days are optimal parameters of the producer cultivation. As a result the exoinulinase activity of micromycetes was increased almost 9 times.*

Key words: microscopic fungi, inulinase, cultivation conditions

Мікроскопічні гриби продукують широкий спектр гідролітичних ферментів, до яких належить і 2,1- β -D-фруктозанфруктаногідролаза (інуліназа, КФ 3.2.1.7). Перспектива промислового використання інулінази базується на властивості даного ферменту здійснювати гідроліз інуліну з утворенням фруктози. Інуліназа має декілька галузей застосування: для одержання фруктозних сиропів, промислового одержання фруктози, як реактив для діагностики вмісту фруктози в продуктах споживання, а також при виробництві молочної кислоти та етилового спирту тощо [1–3]. Тому, пошук нових продуцентів ферменту інулінази і вивчення її властивостей, важливих для технологічного використання, є актуальною задачею.

Здатність до синтезу інулінази характерна для мікроорганізмів різного таксономічного положення: бактерій, грибів та дріжджів [1, 5–7]. Перевага використання мікроскопічних грибів, як об'єктів нашого дослідження, цілком обґрунтовується тим, що вони продукують екзоінуліназу, що є більш технологічно вигідним при виділенні ферменту у виробничих умовах порівняно з бактеріальною та дріжджовою ендоінуліназою [1, 5].

Раніше нами було проведено ступінчастий скринінг щодо здатності до синтезу інулінази серед 301 колекційної культури різних родів та видів (106 видів 39 родів) мікроміцетів. В процесі проведеного скринінгу найактивнішими продуцентами виявилися представники родів *Aspergillus* та *Penicillium*. В результаті було селекціоновано новий ефективний штам *Penicillium* sp. 225 (мезофільна культура) [8].

Метою даної роботи було вивчення впливу умов культивування на інулінрозщеплюючу здатність селекціонованого гриба *Penicillium* sp. 225.

Об'єктом дослідження був штам *Penicillium* sp. 225 з колекції культур від-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

ділу фізіології та систематики мікроміцетів Інституту мікробіології і вірусології НАН України.

Для визначення потреби в окремих компонентах поживного середовища при культивуванні продуценту використовували стандартне середовище Чапека, в якому змінювали джерела вуглецю, азоту та фосфору. Штам *Penicillium* sp. 225 вирощували в глибинних умовах у колбах Ерленмейера об'ємом 750 мл за температури 20–25 °С.

Як джерела вуглецю в складі поживного середовища досліджували (у кількості 0,8 % за вмістом вуглецю) моносахариди: арабінозу, ксилозу, глюкозу, галактозу, фруктозу, рамнозу; дисахариди: сахарозу, мальтозу; лактозу; полісахариди: крохмаль, інουλін; багатоатомні спирти: гліцерин, інозит, манніт; і рослинні субстрати: жмих топінамбуру, подрібнений корінь цикорію [4–7].

Мінеральними джерелами азоту слугували нітрати натрію, калію та амонію, хлорид амонію, сульфат амонію; пептон та сечовина [4–7]. Джерела азоту вносили в концентрації 0,028 % за вмістом азоту.

В якості джерел фосфору вивчали різноманітні солі фосфорної кислоти за вмістом фосфору 0,023 % : гідрофосфат натрію, калію та амонію; дигідрофосфат натрію і калію, фосфат амонію.

Умови культивування оптимізували на середовищі, адаптованому за джерелом вуглецю, азоту та фосфору. Для встановлення оптимальних умов синтезу ферменту штам *Penicillium* sp. 225 вирощували у колбах Ерленмейера об'ємом 750 мл з кількістю поживного середовища 100, 150, 200 та 250 мл, за швидкості обертання качалки 160 і 220 об/хв і за температури 20–25, 28–30 та 42 °С.

Одержання посівної культури проходило в декілька етапів. Як посівний матеріал використовували суспензію конідій 2-тижневих культур продуценту, вирощених на скошеному сусло-агарі. Густина посіву — $2 \cdot 10^6$ конідій в 1 мл. Підрахунок кількості конідій проводили в підрахунковій камері. Інокулянт вирощували протягом 24–48 год на середовищі такого ж складу, що й ферментаційне. Для засівання основного (ферментаційного) середовища використовували міцеліальну масу продуценту. Посівний матеріал вносили з розрахунку 1, 2, 5, 7, 10 і 15 % до об'єму поживного середовища.

Інуліназну активність визначали за адаптованою нами методикою, щодо мікроміцетів як об'єктів дослідження, засновану на принципі відновлення редукуючих цукрів, з використанням 3,5-динітросаліцилової кислоти [9].

За одиницю інуліназної активності приймали таку кількість ферменту, що каталізує утворення 1 мкМ фруктози з інуліну за 1 хв. в стандартних умовах ($t=50$ °С, рН 4.6). На графіках інуліназна активність виражена у відносних одиницях, відсоток від максимальної (100 %).

Білок визначали за методом Лоурі [10].

Одним із головних факторів, що впливає на ріст мікроміцетів та біосинтез ними ферментів, є склад поживного середовища.

Тому важливим етапом дослідження для підвищення інулінрозчеплюючої здатності *Penicillium* sp. 225 стало відпрацювання складу поживного середовища та проведення оптимізації умов культивування гриба.

При підборі складу поживного середовища встановлено, що за наявності таких моносахаридів, як рамноза, глюкоза та дисахариду сахарози показники інуліназної активності складали від 70 до 90 % від максимальної.

Найнижчі показники відносної інуліназної активності зафіксовано на середовищах в присутності багатоатомних спиртів (маніт, інозит), а також мальтози та крохмалю. Значення активності інулінази при використанні інуліну та цикорію склали відповідно 40 та 70 % відносної активності ферменту від максимальної.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Найвища інулінрозчеплююча здатність штаму *Penicillium* sp. 225 зафіксована на середовищах, де джерелом вуглецю слугували жмих топінамбуру та арабіноза (рис. 1).

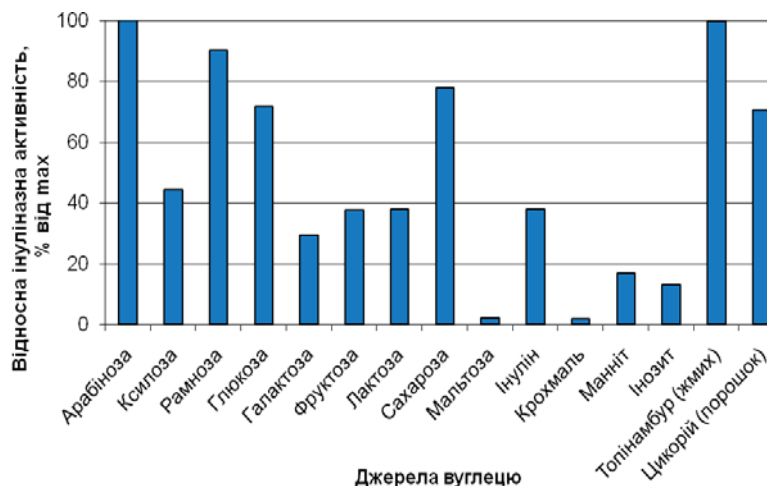


Рис. 1. Вплив різних джерел вуглецю на синтез інулінази *Penicillium* sp. 225

Економічно вигіднішим, звичайно, є використання дешевого природного комплексного джерела вуглецю — жмиху топінамбуру.

Для оцінки оптимального відсотку джерела вуглецю використовували середовища з відсотковим вмістом топінамбуру від 0,5 до 7 %.

Встановлено, що найвищий синтез інулінази спостерігався на середовищах з 2 % джерела вуглецю. Концентрації жмиху топінамбуру більше 2 % пригнічували вихід інулінази.

Помітну роль у живленні грибів відіграють сполуки азоту. Більшість мікроскопічних грибів здатні до засвоєння нітратів та нітритів, а також змішаних джерел азоту [7].

Дані щодо впливу джерел азоту на інуліназну активність *Penicillium* sp. 225 представлені на рис. 2. Азотнокислий калій та натрій як джерело азоту сприяли най-



Рис. 2. Вплив різних джерел азоту на синтез інулінази *Penicillium* sp. 225

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

більшому синтезу інулінази. На середовищах, до складу яких входили солі амонію, пептон та сечовина, активності ферменту не перевищувала 40 % від максимальної.

Дослідження впливу різних фосфоровмісних солей на активність позаклітинної інулінази показало, що найвищу активність інулінази спостерігали на середовищі з однозаміщеним фосфорнокислим калієм.

Отримані нами дані щодо складу поживних середовищ для культивування продуцента інулінази *Penicillium* sp. 225 узгоджуються з даними інших дослідників. При культивуванні гриба *A. niger* використовувалось середовище з сахарозою, дріжджовим екстрактом, мінеральними солями NaNO_3 та KH_2PO_4 . При цьому величина інуліназної активності склала 31,2 од/мл (метод з використанням 3,5-динітросаліцилової кислоти) [5]. За даними Пессоні Р. до складу поживного середовища для вирощування *P. janczewskii* входили інулін або сахароза (джерела вуглецю) та солі NaNO_3 та KH_2PO_4 [6].

Встановлення оптимальних технологічних параметрів культивування продуцента: інтенсивності аерації та перемішування середовища при різних температурах є важливим етапом біотехнологічних досліджень. При вивченні впливу швидкості обертання і кількості середовища на синтез інулінази було показано, що максимальна інуліназна активність в культуральній рідині *Penicillium* sp. 225 була за швидкості перемішування 160 об/хв, температури 20 С і об'єму 150 мл. Зі збільшенням об'єму поживного середовища швидкість адсорбції кисню зменшувалась [11], що приводило до зниження біосинтетичних властивостей продуценту. Знаючи швидкість масообміну кисню можна розрахувати коефіцієнт масообміну. При масштабуванні процесу інтенсивність аерації у кожному випадку потребує експериментального вивчення та уточнення, оскільки ступінь розчинення кисню залежить не лише від в'язкості середовища, а й конструктивних особливостей ферментеру [12].

При вивченні дозування посівного матеріалу, було встановлено, що найвищий рівень синтезу позаклітинної інулінази був при внесенні 10 % інокулюму від об'єму поживного середовища. Не менш важливим параметром культивування є вік посівного матеріалу. Так, дводобовий інокулюм дає набагато кращі результати ніж однодобовий. В результаті проведених нами досліджень показано, що використання посівного матеріалу у вигляді 2-х добового інокулюму дозволяє досягнути максимального виходу цільового продукту та скоротити час культивування продуценту з п'яти діб до трьох (рис. 3).

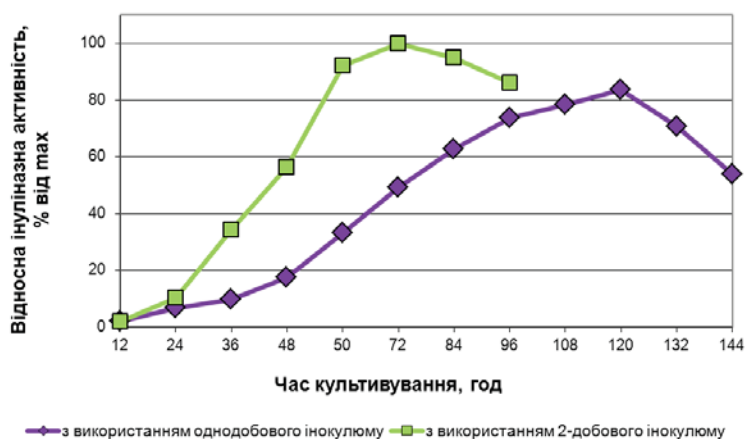


Рис. 3. Вплив віку посівного матеріалу на синтез інулінази *Penicillium* sp. 225

Висновки. В результаті проведених нами експериментів підбрано склад поживного середовища за джерелами вуглецю, азоту і фосфору та проведено оптимізацію умов культивування (температура, тривалість вирощування, відсоток інокулюму) досліджуваного штаму. За допомогою фізіологічних методів досліджень нами підвищено величину екзоінуліназної активності мікроміцету *Penicillium* sp. 225 до 9 разів (з 3,23 од/мл до $27,7 \pm 0,02$ од/мл). Оскільки рівень інуліназної активності отриманого продуценту відповідає відомим іноземним аналогам (активність інулінази для *Vacillus polytuxa* 722 склала 8,78 од/мл [13], для дріжджів *Kluyveromyces marxianus* — 26 од/мл [14], для гриба *A. niger* — 31,2 од/мл [5]), він є конкурентоздатним та має значні перспективи використання в біотехнології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вагабов М.З., Керимова З.М., Мальцева Т.В., Корнеева О.С. Применение ферментных препаратов с целью ускоренного гидролиза инулина при производстве этилового спирта // Биотехнология. — 2005. — №1. — С. 34–36.
2. Zittan L. Enzymatic hydrolysis of inulin — an alternative way to fructose production // Starch. — 1981. — V. 11. — P. 373–377.
3. Грушецкий Р.И. Разработка получения инулина из топинамбура. — К.: Вища школа, 1993. — 150 с.
4. Kalil S.J., Suzan R., Maugeri F., Rodrigues M. I. Optimization of Inulinase Production by *Kluyveromyces marxianus*. Using Factorial Design // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2001. — V. 94. — P. 257–263.
5. Skowronek M., Fiedurek J. Optimisation of inulinase production by *Aspergillus niger* using simplex and classical method // Food technol. Biotechnol. — 2004. — V. 42, N 3. — P. 141–146.
6. Rosemeire A.B. Pessoni, Marcia R. Braga, Rita de Cassia L. Figueiredo-Ribeiro. Purification and properties of exo-inulinases from *Penicillium janczewskii* growing on distinct carbon sources // Mycologia. — 2007. — V. 99, N 4 — P. 493–503.
7. Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. — 230 с.
8. Стойко В.І., Жданова Н.М., Айзенберг В.Л., Капічон Г.П. Скринінг мікроміцетів — продуцентів інулінази // Біотехнологія. — 2010. — Т.3, №2. — С. 48–55.
9. Айзенберг В.Л., Стойко В.И., Демиденко Е.А. и др. Методика количественного определения активности грибной инулиназы с использованием реактива Самнера // Биотехнология. — 2007. — № 5. — С. 95–96.
10. Lowry O.H., Rosebrough H.J., Faar A.L., Randal R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. — 1963. — V. 193, N 1. — P. 675–677.
11. Ферментация и технология ферментов: Пер. с англ. / Уонг Д., Кооней Ч., Дейман А. и др. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 336 с.
12. Грачова И.М., Кривова А.Ю. Технология ферментных препаратов. — М.: Элевар, 2000. — 512 с.
13. Жеребцов Н.А., Абрамова И.Н., Шеламова С.А. Выделение экстрацеллюлярной бактериальной инулиназы и изучение ее физико-химические свойства // Биотехнология. — 2002. — № 3. — С. 13-20.
14. Pessoa A., Vitolo M. Inulinase from *Kluyveromyces marxianus*: culture medium composition and enzyme extraction // Braz. J. Chem. Eng. — 1999. — V. 16, № 3. — P. 291–297.

Надійшла до редколегії 18.06.2010

УДК 663.81

В.М. Кошова, канд. техн. наук
Т.М. Душко, магістрант
Національний університет
харчових технологій

ВИКОРИСТАННЯ НАТУРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

Підібрані натуральні ароматизатори, екстракт білого чаю, соки та їх дози для виробництва напоїв. Розроблені рецептури двох нових напоїв на основі вище вказаної сировини.

Ключові слова: ароматизатор, білий чай, дегустаційна оцінка, сік.

Natural flavours, extract of white tea, juices and their doses, are neat for the production of drinks. Compounding of two new drinks is developed on the basis of the higher indicated raw material.

Key words: a flavour, white tea, tasting estimation, juice.

Протягом останніх десятиріч промисловість по виробництву безалкогольних напоїв отримала великі можливості для подальшого розвитку.

Безалкогольні напої — це напої, масова частка спирту в яких не повинна перевищувати 0,3 % мас. [3] Освіжаючим напоєм є безалкогольний ароматизований напій, який готують на основі підготовленої води. Такі напої підсолоджені, підкислені, до їх складу можуть входити плодово-ягідні соки, фруктові і рослинні екстракти, ароматичні речовини, діоксид вуглецю, мінеральні солі [1].

Останнім часом асортимент напоїв на ринку розширюється за рахунок розробки нових видів напоїв: ароматизовані мінеральні води, холодні чаї, енергетичні напої, напої пониженої калорійності, вітамінізовані (АСЕ напої), напої з мінеральними добавками для спортсменів та інші [3].

Одним з важливих компонентів при виробництві напоїв є ароматичні речовини, які надають їм певного смаку і аромату.

Ці речовини отримують екстрагуванням із фруктів, овочів, ефірних олій (есенцій) і готують із них так названі основи, тобто напівфабрикати, до яких в залежності від виду напою додають фруктові концентрати, а також фруктові і харчові кислоти [3].

Метою даної роботи було дослідження впливу натуральних ароматизаторів закордонного виробництва на органолептичні показники напоїв. Були взяті такі ароматизатори: «Айва», «Абрикос», «Лічі», «Фізалис». На їх основі в лабораторних умовах було приготовлено два напої з умовною назвою «Літній чай» (на ароматичній основі айва + лічі) і «Бріз» (на ароматичній основі абрикос + фізалис).

Було підібрано дози цих ароматичних композицій, які наведені в табл. 1.

Як видно з табл. 1 найкращою дозою ароматизатора абрикос + фізалис є 0,3 г/дм³, а для айва + лічі — 0,6 г/дм³.

Було також цікаво дослідити вплив концентрації пастеризованого яблучного соку на органолептичні показники вище названих напоїв.

В лабораторних і промислових умовах було використано вміст яблучного пастеризованого соку від 3 до 7 %. У цих напоях були визначені фізико-хімічні і органолептичні показники.

Згідно наведених даних, фізико-хімічні показники напою не залежать від концентрації яблучного соку і відповідають вимогам стандарту [2]. Концентрація яблучного соку впливає на масову частку сухих речовин сировини безпосередньо лимонної кислоти і цукру. Так як, всі складові безалкогольного напою корегуються за допомогою ре-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

цептури, то вміст сухих речовин лимонної кислоти зменшується в залежності від концентрації яблучного соку і вмісту сухих речовин цукру аналогічно.

Таблиця 1. Підбір дози натуральних композиційних ароматизаторів

Номер зразка	Назва ароматизатора	Доза, г/дм ³	Примітка
1	Абрикос + фізаліс	0,20	Недостатньо виражений аромат
2		0,30	Гармонійний, цікавий, приємний аромат, присмак абрикосової кісточки
3		0,35	Присмак абрикосової кісточки
4		0,40	Різкий, насичений
5	Айва + лічі	0,50	Недостатньо виражений аромат
6		0,60	Освіжаючий, тонкий смак і аромат
7		0,70	Перенасичений аромат

В лабораторних умовах було проаналізовано вплив різної концентрації яблучного соку на органолептичні показники безалкогольних напоїв «Літній чай» і «Бріз». Дані по результатах досліджень наведені в табл. 2 і 3.

Таблиця 2. Вплив дози яблучного пастеризованого соку на фізико-хімічні властивості і дегустаційну оцінку безалкогольного напою «Літній чай»

Концентрація пастеризованого яблучного соку, %	Масова частка СР, %	Кислотність, моль/дм ³	Органолептичні показники			Оцінка напою, бали
			зовнішній вигляд, бал	смак і аромат, бал	Насиченість СО ₂ , бал	
3	7,3	2,3	6,6	10,2	5,1	21,9
5	7,3	2,3	6,7	11,0	5,4	23,1
7	7,3	2,3	6,5	10,4	5,2	22,1

Таблиця 3. Вплив дози яблучного пастеризованого соку на фізико-хімічні властивості і дегустаційну оцінку безалкогольного напою «Бріз»

Концентрація пастеризованого яблучного соку, %	Масова частка СР, %	Кислотність, моль/дм ³	Органолептичні показники			Оцінка напою, бали
			зовнішній вигляд, бал	смак і аромат, бал	Насиченість СО ₂ , бал	
3	7,3	2,2	6,1	8,4	5,3	19,8
5	7,3	2,2	6,4	10,4	5,5	22,3
7	7,3	2,2	6,4	10,0	5,5	21,9

Як видно з наведених у таблицях даних, найкращою концентрацією згідно дегустаційної оцінки є внесення до напоїв 5 % пастеризованого яблучного соку (для безалкогольного напою «Літній чай» бальна оцінка — 23,1 бал, а для безалкогольного напою «Бріз» — 22,3, що відповідає оцінці відмінно).

Для покращення смакових якостей і надання додаткової цінності напою «Літній чай», в який було додано екстракт «Білого чаю» закордонного виробництва: екстракт «Білого чаю» натуральний, колір — світло-коричневий, консистенція — рідина, густина — 0,931–0,947 г/см³, вміст етанолу 47,5–52,5 %.

Білий чай поширений переважно в Китаї і вважається одним із найвишуканіших і найдорожчих чаїв. Для нього збирають бруньки та молоді листочки першого врожаю чаю, які тільки наполовину розпустилися. Після заварювання білий чай має біло-жовтий чи зеленувато-жовтий колір, тонкий квітковий чи трав'яний аромат та солодкуватий смак. З усіх видів чаїв він містить найбільше корисних речовин [3].

Білий чай має надзвичайно тонкий аромат, який дуже легко вбирає навколишні запахи. Саме тому збиральникам чаю заборонено вживати в їжу різні спеції, які можуть зіпсувати оригінальний аромат чаю. Варто звернути увагу на білий чай не тільки через

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

оригінальний смак, але також виняткові елементи, які мають позитивний вплив на здоров'я. Антиоксиданти білого чаю допомагають у нейтралізації наслідків дії вільних радикалів, підвищують витривалість організму, він також сприяє зниженню рівню холестерину, стимулює циркуляцію крові і уповільнює процеси старіння шкіри.

Для виправдання назви безалкогольного напою було цікаво використати і екстракт «Білого чаю», а також підібрати для нього дозу. За основу брали рецептуру на основі 5 % пастеризованого яблучного соку та ароматизатора айва + лічі. Дані наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Підбір дози екстракту білого чаю для безалкогольного напою «Літній чай»

Інгредієнти для безалкогольного напою	Доза внесена у б/а напій, г/дм ³	Масова частка СР, %	Кислотність, моль/дм ³	Органолептичні показники			Оцінка б/а напою, бали
				Зовнішн. вигляд, бали	Смак і аромат, бали	Насиченість СО ₂ , бали	
Екстракт «Білий чай» і ароматизатор айва + лічі	0,50	7,28	2,27	6,6	10,2	5,1	21,9 (доданий екстракт не відчувається)
	0,70	7,30	2,30	6,7	11,0	5,4	23,1 (відчувається приємний смак екстракту)
	1,00	7,35	2,35	6,5	10,4	5,2	22,1 (гіркуватий присмак)

Із табл. 4 видно незначний вплив дози екстракту на масову частку сухих речовин в напої «Літній чай»: із зміною дози екстракту «Білий чай» кислотність збільшується в межах 0,03–0,05 %, що майже не виходить за межі і відповідає стандарту.

По результатам дегустації найкращим виявився безалкогольний напій із внесенням 0,7 г/дм³ екстракту «Білий чай» з відчутним приємним присмаком. Оцінка була найвищою — 23,1 бали.

Із збільшенням концентрації екстракту напій набував гіркуватого присмаку. А із зменшенням дози до 0,5 г/дм³ присмак екстракту «Білий чай» був ледве присутній.

Дослідження були проведені на замовлення МПП ВФ «Панда», який випускає безалкогольні напої.

Висновки. Оптимальною дозою ароматизатора айва + лічі для напою «Літній чай» є 0,6 г/дм³, а для напою «Бріз» є доза 0,3 г/дм³. Доза пастеризованого яблучного соку для цих напоїв оптимальна 5 %. Для напою «Літній чай» оптимальною дозою екстракту білого чаю є 0,7 г/дм³. Напої «Літній чай» і «Бріз» рекомендовані для впровадження на МПП ВФ «Панда».

ЛІТЕРАТУРА

1. Домарецький В.А., Прибильський В.Л., Михайлов М.Г. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини. — В.: «Нова книга», 2005. — 408 с.
2. ДСТУ 4069:2002 «Напої безалкогольні. Загальні технічні умови».
3. Шуманн Г. Безалкогольные напитки / пер. с нем. под ред. А.В. Орещенко и Л.Н. Беневоленской — СПб: Профессия, 2004. — 278 с.

Надійшла до редколегії 10.09.2010 р.

УДК 663.544

*В.М. Кошова, канд. техн. наук
Н.Є. Мацулевич, магістр
Національний університет
харчових технологій*

ВПЛИВ ПОЛІФЕНОЛІВ НА КОЛОЇДНУ СТІЙКІСТЬ ПИВА

Наведені результати досліджень впливу ферментних препаратів і поліфенолів на колоїдну стійкість пива.

Ключові слова: ферменти, поліфеноли, стійкість, бродіння.

The results of researches of influencing of enzymic preparations are resulted and polyphenols on colloid firmness of beer.

Key words: enzymes, polyphenols, firmness, fermentation.

Вимоги споживачів щодо показників якісного складу та зовнішнього вигляду пива зростають з кожним днем, тому на сьогоднішній день для пивоварного виробництва принципове значення має максимальне подовження терміну зберігання готової продукції.

Вважається, що основними речовинами, що викликають утворення колоїдного помутніння в пиві є білки та поліфеноли. Отже, для підвищення стійкості пива необхідно зменшити вміст однієї з цих груп речовин [3].

Способи, що забезпечують колоїдну стійкість пива, можна розділити на три групи: хімічні, адсорбційні, ферментативні.

На сьогодні ферментні препарати, запропоновані на вітчизняному та закордонних ринках, мають ряд значних переваг:

- є зручними в застосуванні (вносяться в незначних кількостях, не потребують капіталовкладень на встановлення спеціального обладнання);
- не мають генномодифікованих продуктів;
- не впливають на органолептичні показники, головним чином не погіршуючи піностійкості продукції;
- повністю інактивуються в процесі пастеризації пива;
- дають можливість скоротити виробничий цикл;
- відчутно підвищують термін зберігання готової продукції [2].

Стійким вважається прозоре пиво, яке зберігається більше трьох місяців і не втратило своїх органолептичних та фізіологічних властивостей.

Велика частина екстрактивних речовин присутня в пиві у вигляді колоїдних розчинів. Окремі компоненти — білки, поліфеноли (дубильні речовини), декстрини і пентозани мають в розчинах властивості ліофільних солей [1].

Поліфенольні (дубильні) речовини, які беруть участь в утворенні колоїдних помутнінь у пиві, переходять до сусла, а потім і пива з солоду і хмелю. Колоїдні помутніння утворюють головним чином антоціаногени, що містяться в хмельових і солодових дубильних речовинах [2].

Отже, небезпека виникнення помутнінь в пиві зростає із збільшенням дози хмелю. В солоді головну частку антоціаногенів містить оболонка, тому велику колоїдну стійкість має пиво з сусла, отриманого з солоду, заздалегідь звільненого від оболонки [2].

На ряду з основними причинами утворення колоїдного помутніння, такими як старіння, збільшення часток, окислення, полімеризація, адсорбція, великий вплив має нерозчинність поліфенолів і дегідратація колоїдних білків [1,2].

Приблизно 80 % поліфенолів переходить до пивного сусла з солоду і 20 % вноситься з хмелем. Вміст поліфенолів у різних сортах пива варіює від 70 до 123 мг/л [2].

© В.М. Кошова, Н.Є. Мацулевич, 2010

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Найважливішими для пивоваріння поліфенолами є: флавоноли, катехіни і антоціаногени, які впливають на його органолептичні властивості. Утворення помутніння пива в більшості випадків супроводжується поступовим погіршенням аромату та смаку пива [1].

Тому для одержання стійкого пива потрібно використовувати низькобілковий пивоварний ячмінь (9-11 % білка), з тонкою оболонкою. З метою видалення дубильних речовин з оболонки, замочування зерна бажано проводити в лужних умовах, пророщувати солод при низьких температурах. Затирання зернопродуктів бажано проводити при підвищеній температурі (58-60°C) настійним способом.

З метою дослідження впливу ферментних препаратів (ФП) на колоїдну стійкість пива були обрані наступні препарати закордонного виробництва:

– Brewers Clarex, — високоспецифічна ендопротеаза, яка розщеплює поліпептиди на карбоксильному кінці амінокислоти — проліну. Задається на початку ферментації у вигляді робочого розчину (розчин ФП у воді або суслі в співвідношенні 1:10), повністю інактивується в процесі пастеризації.

– Profix 6500, — протеаза широкого спектра дії, яка гідролізує білкову складову помутніння пива. Задається перед пастеризацією або, безпосередньо, перед розливом.

Для того щоб обрати оптимальні дози ферментних препаратів в дослідні зразки вони вводилися базуючись на рекомендованих дозах (встановлених інструкцією), з рівноважним відхиленням в меншу та більшу сторону.

Перед початком головного бродіння в сусло вводився ФП Brewers Clarex в концентраціях, відповідно: 0,150 ; 0,175 ; та 0,200 г/дал сусла. По закінченні фільтрування у відповідні зразки окремо вводився ФП Profix в кількості 0,2 і 0,3 г/дал пива.

Результати експериментів, по вивченню впливу концентрації внесених ФП на вміст основних показників колоїдної стійкості пива, наведені в табл. 1.

Як видно з табл. 1 із збільшенням концентрації ФП Brewers Clarex з 0,150 до 0,200 г/дал достовірно зменшується вміст азотистих речовин, які є попередниками утворення колоїдного помутніння, спостерігається незначне зниження вмісту поліфенольних речовин, мутність пива знижується в допустимих межах, прогнозована стійкість зростає.

Таблиця 1. Показники колоїдної стійкості дослідних зразків пива

Показники	Конт- роль	Концентрація Brewers Clarex, г/дал								
		0,150			0,175			0,200		
	Без добавок	Без до- бавок Profix	+ 0,2 г/дал Profix	+0,3 г/дал Profix	Без до- бавок Profix	+0,2 г/дал Profix	+0,3 г/дал Profix	Без до- бавок Profix	+0,2 г/дал Profix	+0,3 г/дал Profix
Поліфенольні речовини, мг/дм ³	266,0	260,0	263,0	261,0	258,0	260,0	258,0	254,0	257,0	255,0
Межа осадження сульфатом амонію, см ³ /100 см ³	10,0	14,0	12,0	12,0	16,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0
Мутність, ЕВС	0,47	0,37	0,34	0,34	0,36	0,34	0,30	0,32	0,32	0,31
Дегустаційна оцінка пива, бали	21,6 (залиш- кова гіркота)	21,6 (хоро- ший смак, аромат)	21,6 (пусту- ватий смак)	22,6	23,0	23,20 (хоро- ший смак, аромат)	22,7	22 (окисле- ний аромат)	22,3	21,9 (пусту- ватий смак)
Прогнозована стійкість, місяців	2,1	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,4	3,2	3,1	3,8

Показник осадження сульфатом амонію в залежності від способу внесення ФП коливається в межах від 10 до 19 см³/100см³, що зображено на рис. 1 Це говорить про те, що зразки під № 1-5 є недостатньо стійкими, адже стійке пиво має межу осадження від 15 см³/100 см³ [1].

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

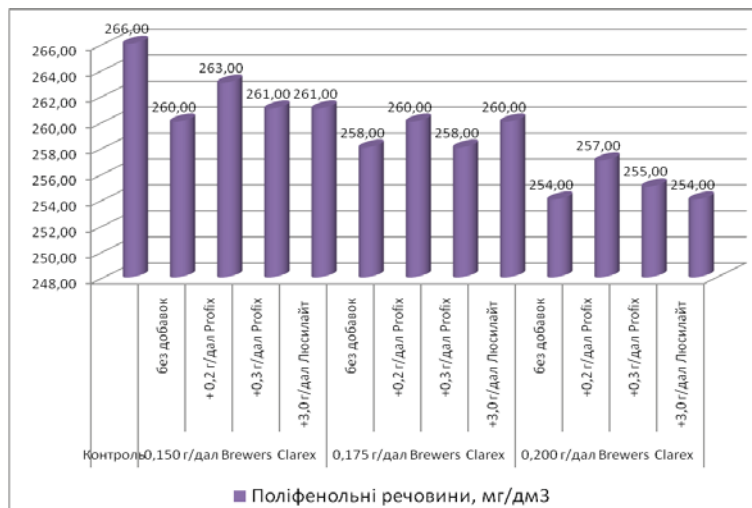


Рис. 1. Залежність вмісту поліфенольних речовин в дослідних зразках пива від способу обробки ферментними препаратами

Вміст поліфенольних речовин знижується найбільше при застосуванні ФП Brewers Clarex без добавок. В контрольному зразку вміст поліфенолів вищий ніж в інших дослідних зразках, але незначно. Можна зробити висновок, про те, що застосування ферментних препаратів в якості стабілізуючих засобів не має кардинального впливу на вміст поліфенолів в готовому пиві.

Результатом проведення досліджень є рекомендація застосовувати ферментні препарати у співвідношенні 0,175 г/дал Brewers Clarex (задавати на стадії ферментації) та 0,200 г/дал Profix (перед розливом). Таке дозування дозволить прискорити технологічний цикл виробництва, отримати готову продукцію з високими показниками колоїдної стійкості.

Таблиця 2. Результати проведення дегустації дослідних зразків пива

№ дослідного зразка	Концентрація Brewers Clarex, г/дал	Умови фільтрування	Дегустаційна оцінка	Примітка
1	-	-	21,6	залишкова гіркота
2	0,150	без добавок	22,7	хороший смак, аромат
3		+0,2 г/дал Profix	22,2	пустуватий смак
4		+0,3 г/дал Profix	22,6	
5		+3,0 г/дал Люсилайт	21,4	пустуватий, окислений смак
6	0,175	без добавок	23,0	
7		+0,2 г/дал Profix	23,2	хороший смак, аромат
8		+0,3 г/дал Profix	22,7	
9		+3,0 г/дал Люсилайт	21,6	гіркота
10	0,200	без добавок	22,0	окислений аромат
11		+0,2 г/дал Profix	22,3	
12		+0,3 г/дал Profix	21,9	пустуватий смак
13		+3,0 г/дал Люсилайт	21,3	сторонній присмак

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Згідно результатів дегустації дослідні зразки пива за 25-ти бальною шкалою були оцінені відповідно до даних, наведених в табл. 2.

На основі результатів проведеної дегустації можна зробити висновок, що пиво, виготовлене із застосуванням ферментних препаратів з метою підвищення колоїдної стійкості готового продукту має досить високі показники органолептичних властивостей. Пиво, виготовлене із застосуванням ФП у визначеній нами, як оптимальній кількості (№7), отримало найвищу дегустаційну оцінку в 23,2 бали.

Висновки. Таким чином всі дослідні зразки при проведенні дегустації були оцінені на добре та відмінно. Хоча слід зазначити, що контрольний зразок, а також зразки з використанням Люсилайту були відмічені найнижчими балами, з огляду на пустуватий присмак пива. З огляду на це, можна сказати, що застосування допоміжних стабілізуючих засобів (яким є Люсилайт) є зайвим і лише погіршує смакові властивості пива. Рекомендуємо застосовувати ферментні препарати у співвідношенні 0,175 г/дал Brewers Clarex (задавати на стадії ферментації) та 0,200 г/дал Profix (перед розливом). Таке дозування дозволить прискорити технологічний цикл виробництва, отримати готову продукцію з високими показниками колоїдної стійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Андреева О.В., Шувалова Е.Г.*, Осадки в пиве: атлас частиц, которые могут быть обнаружены в разлитом пиве. — М. МИЦ Пиво и напитки XXI век, 2004.
2. *Кунце В.* Технология солода и пива. Перевод с нем., — Спб., Издательство «Профессия», 2003. — 912 с.
3. *Сарафанова Л.А.* Применение пищевых добавок в индустрии напитков. — СПб.: Профессия, 2007. — 240 с.

Надійшла до редколегії 22.09.10 р.

УДК 663.41

А.Є. Мелетьєв, д-р техн. наук
О.І. Дерій, інженер-технолог
С.І. Літвінчук, канд. техн. наук
Л.В. Проценко, канд. техн. наук
Є.С. Богданов, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій

ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАМІННИКІВ СОЛОДУ

Наведено результати досліджень впливу цукровмісних заміників солоду на фізико-хімічні показники, величину хмелевої гіркоти пива та динаміку діацетилю в процесі бродіння.

Ключові слова: патока мальтозна, глюкозно-фруктозні сиропи, ступінь зброджування, величина хмелевої гіркоти, діацетил.

The results of researches of influence of sacchariferous substitutes of malt on physical and chemical properties, size of hop bitterness of beer and dynamics diacetyl in the course of fermentation.

Key words: molasses maltose, glucose-fructose syrups, degree of fermentation, size of hop bitterness, diacetyl.

Пиво є особливим харчосмаковим продуктом масового споживання, який не має аналогів за вмістом різноманітних речовин активного впливу на людину.

Класична спеціальна література протягом багатьох десятиліть повідомляє про вміст в пиві більше 400 хімічних речовин [1]. Такі відомості незаперечно підтверджують унікальність та обґрунтовують все більше поширення цього напою, але і вони зараз потребують суттєвого перегляду та уточнення. Адже тільки з незамінного виду сировини хмелю в товарний продукт надходить близько 400 гірких, фенольних, ароматичних речовин. Ці специфічні, унікальні речовини поєднуються з комплексом цінних харчових і біологічно активних речовин солоду та інших зернопродуктів. Невід'ємною частиною напою є також надзвичайно широкий набір продуктів бродіння, метаболітів дріжджів [2].

У сучасному пивоварінні традиційність поєднується з новими технологіями, що приводить до певних модифікацій типів пива і створення нових сортів для задоволення запитів та виховання смаків споживача. Постійно здійснюється робота по поєднанню цих не завжди співпадаючих якостей напою — традиційності і новизні смаку, аромату та інших органолептичних показників.

Покращення якості пива в загальному вимірі спрямовується на створення нових сортів пива шляхом підбору, з поглибленим дослідженням різних видів сировини, їх співвідношення та умов перероблення в технологічному процесі. При цьому за основу приймають світові стандартизовані положення, які в сучасних умовах активно інтегруються всіма країнами-виробниками пива.

Альтернативні солоду як основній сировині несолоджені замітники поділяють на зернові, крохмалю- та цукровмісні. Їх використання дозволяє розширити асортимент і здешевити виробництво. Але обов'язковими вимогами є дотримання головних нормативних і тісно взаємопов'язаних фізико-хімічних показників та органолептичних властивостей пива.

Зернові замітники солоду вже стали традиційними у виробництві багатьох сортів пива. Однак їх використання ускладнює процес затирання, потребує застосування сторонніх ферментних препаратів, відварного способу приготування сусла. На сучасному етапі все частіше виробники надають перевагу цукровмісним

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

замінникам солоду, що потребує додаткових досліджень, розробки нових рецептур та модифікації технологічних процесів.

До найбільш прийнятних цукровмісних продуктів належать патока мальтозна, глюкозно-фруктозні сиропи і цукор [3, 5], очевидною перевагою яких є можливість внесення їх на стадії кип'ятіння суслу з хмелем, без оцукрювання і фільтрування заторів. Це дає змогу підвищити продуктивність сусловарильного цеху, зменшити втрати СР з дробиною, виготовляти сусло високої концентрації.

Характерними особливостями використання цукровмісних замінників є відсутність в них білкових речовин. Тож значна частка заміни призводить до погіршення умов життєдіяльності дріжджів і зниження піноутворюючої здатності готового пива. Застосування цукровмісних замінників в допустимих межах призводить до підвищення ступеня збродження пива і збільшення вмісту спирту. Поряд з деяким збільшенням вмісту етанолу в пиві слід очікувати певних змін у накопиченні інших метаболітів дріжджів, хоч і в невеликій, але цілком впливовій кількості для якісних відмінностей органолептики товарної продукції. Особливо це стосується діацетилу, за вмістом якого контролюють процес дозрівання пива та оцінюють його якість [4].

Основні фізико-хімічні і дегустаційні (табл. 1, 2) показники пива з замінниками, які визначались згідно нормативної документації, свідчать про високу якість готового продукту з цукровмісними замінниками.

Таблиця 1. Показники пива, отриманого із заміною 25 % солоду патокою (ПМ) і сиропами (ГФС)

№ п/п	Зразок пива	Вміст, % мас.		Кислотність, см ³ 1 н. NaOH на 100 см ³	Колір, см ³ 0,1 I ₂ на 100 см ³	Ступінь зброджування, %
		екстракту	спирту			
1	Солодове	6,0	4,31	2,16	0,9	60,0
2	3 ПМ: ИМ 55	5,8	5,05	2,12	0,8	62,1
3	ИМ 70	5,7	5,05	2,00	1,1	62,5
4	3 ГФС: 10 М	5,4	5,16	2,31	0,7	64,3
5	42	5,0	5,46	2,10	0,6	66,7

Таблиця 2. Дегустаційна та фізико-хімічна характеристика пива з використанням патоки мальтозної (ПМ) та глюкозно-фруктозних сиропів (ГФС)

Варіант	Зразок пива		Балова оцінка:				Величина хмелевої гіркоти, од. ЕВС	Вміст поліфенолів, мг/дм ³	
	Замінник	Частка заміни	смаку		аромату	Загальна		Загальних	Антоціаногенів
			Повнота смаку	Хмелева гіркота					
1	Солодове	0	3,9	3,9	3,5	22,3	19,0	143,5	41,2
2	ПМ ИМ-70	30	3,9	3,9	3,4	22,2	21,0	110,7	27,2
3	ПМ ИМ-55	30	4,1	4,2	3,4	22,7	25,0	110,7	28,2
4	ГФС 10М	25	3,9	4,3	3,6	22,8	22,0	116,3	26,0
5	ГФС 42	25	3,8	4,0	3,7	22,5	24,5	118,2	27,0

В табл. 2 прослідковується підвищення величини гіркоти пива у зразках із використанням замінників при однаковому нормуванні хмелю. Отже можна зробити висновок що застосування цукровмісних сиропів впливає і на процес кип'ятіння суслу з хмелем. Перехід у сусло, а потім і пиво цінних речовин хмелю залежить від багатьох факторів. Особливо слід підкреслити роль таких колоїдів, якими є білкові речовини екстракту суслу і пива. Процеси адсорбції цими речо-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

винами гірких кислот хмелю зумовлюють збільшення витрат цієї цінної сировини, особливо при виготовленні пива із сусла високої густини. Тому заміна білкової частини екстракту зернопродуктів цукровмісною сировиною може бути чинником відповідного зниження питомої норми хмелю у виробництві пива за рахунок зменшення кількості білкових колоїдів.

Таблиця 3. Динаміка вмісту діацетилу при зброджуванні сусла із заміною солоду патокою мальтозною (ПМ) та глюкозно-фруктозними сиропами (ГФС)

№ п/п	Зразок сусла	Частка заміни солоду, %	Вміст діацетилу, мг/дм ³ , на добу зброджування									
			1	2	4	6	7	8	10	11	12	
1	Солодове	0	0,40	0,65	0,51	0,40	0,29	0,22	0,15	0,11	0,10	
2	З ПМ: ИМ 55	20	0,39	0,63	0,59	0,49	0,44	0,26	0,24	0,21	0,18	
3	ИМ 55	25	0,37	0,67	0,61	0,55	0,49	0,50	0,28	0,27	0,21	
4	ИМ 70	20	0,36	0,61	0,69	0,65	0,59	0,52	0,30	0,27	0,23	
5	ИМ 70	25	0,31	0,63	0,68	0,63	0,61	0,56	0,38	0,31	0,25	
6	З ГФС: 10М	20	0,35	0,42	0,61	0,58	0,54	0,52	0,41	0,36	0,30	
7	10М	25	0,29	0,31	0,65	0,61	0,52	0,49	0,42	0,38	0,31	
8	42	20	0,29	0,37	0,64	0,60	0,58	0,53	0,45	0,41	0,37	
9	42	25	0,27	0,29	0,71	0,66	0,61	0,60	0,48	0,38	0,37	

Динаміка вмісту діацетилу при зброджуванні дослідних зразків сусла (табл. 3) свідчить про деяке підвищення його вмісту у зразках з використанням заміників. Відомо що вміст діацетилу в пиві напряму залежить від раси дріжджів та її пристосованості до субстрату. Отже, при виробництві пива із значною часткою заміни слід враховувати кількість діацетилу, і підбирати відповідні раси дріжджів. В той же час білкові речовини, особливо у значній кількості, можуть залишатися у масі насінневих (робочих) дріжджів і призводити до зниження їх бродильної здатності, до надання неприємної нехарактерної гіркоти пиву. Тому зниження вмісту білкових речовин в екстракті із застосуванням цукровмісної сировини сприятиме досягненню більш виразної чистоти смаку, характерного для певного сорту пива, особливо світлого типу.

Висновки. Таким чином технологія пива із заміною частки солоду цукровмісними продуктами патокою мальтозною та глюкозно-фруктозними сиропами має конкретні переваги:

Рациональне використання різних хмелевих препаратів та економія гіркоти хмелю за вмістом альфа-кислот на 12–20 %;

Підвищення рівня біологічної та колоїдної стійкості за рахунок збільшення ступеню зброджування, накопичення більшої кількості спирту, зниження вмісту білкових речовин і поліфенолів — попередників помутнінь пива;

Нові можливості розширення асортименту продукції з мінімізацією оригінальних добавок за рахунок чистоти смаку добродженого легкого пива як основи нового сорту пива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива. — К.: Фірма «ІНКОС», 2004. — 426 с.
2. Перспективи розроблення нових біологічно активних добавок на основі пива / А.С. Мелетьєв, Н.А. Жестерева, С.І. Потапенко, О.М. Костюк. — К. «Харчова промисловість», № 1, 2004. — с. 45–47.
3. Линец А.А. Технологія крохмалю та крохмалопродуктів. — К.: НУХТ, 2003. — 168 с.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

4. Мелетьєв А.С., Вахрушева Т.І. Хімізм дозрівання пива і напрями його інтенсифікації. — К.: «Наукові праці НУХТ», № 14, 2003. — с. 67–69.

5. Мелетьєв А.С., Воронцова С.І., Проценко Л.В. Цінна сировина для виробництва пива. — К.: «Харчова і переробна пром-сть», липень 2006. — с. 21–23.

Надійшла до редколегії 10.09.2010 р.

УДК 579.841: 577.114

Т.П. Пирог, д-р біол. наук
Г.О. Іванушкіна, магістрант
С.О. Гарбарчук, студ.
Національний університет
харчових технологій

СИНТЕЗ ПОЛІСАХАРИДУ ЕТАПОЛАНУ НА СУМІШІ АЦЕТАТУ І МЕЛЯСИ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ *Acinetobacter* sp. B-7005

Встановлено умови культивування *Acinetobacter* sp. B-7005 на суміші ацетату натрію і меляси, що забезпечують максимальну трансформацію вуглецю субстратів у екзополісахариди (ЕПС). Нейтралізація середовища під час одержання інкуляту і біосинтезі ЕПС, використання посівного матеріалу, вирощеного на ацетаті до середини експоненційної фази росту, у концентрації 3% дали змогу забезпечити синтез до 11 г/л етаполану з виходом від біомаси до 10 г/г.

Ключові слова: мікробний полісахарид етаполан, міксотрофний ріст, суміш ростових субстратів, біосинтез

The *Acinetobacter* sp. B-7005 cultivation conditions on mixture of acetate and molasses providing the maximal transformation of the substrate carbon in the exopolysaccharides (EPS) were established. The neutralization of the medium under the inoculum obtaining and EPS biosynthesis, using of the grown on acetate inoculum (3%) from exponential phase were accompanied by ethapolan synthesis to 11 g/l and its yield from biomass to 10 g/g.

Key words: microbial polysaccharide ethapolan, mixotrophic growth, mixture of growth substrates, biosynthesis

У попередніх дослідженнях нами було встановлено можливість інтенсифікації синтезу мікробного екзополісахариду (ЕПС) етаполану у процесі культивування *Acinetobacter* sp. B-7005 на суміші енергетично дефіцитних (ацетат + меляса) ростових субстратів [1]. Розроблена технологія дала змогу здешевити процес біосинтезу етаполану не тільки за рахунок використання дешевих джерел вуглецю (ацетату і меляси замість етанолу і глюкози відповідно), а й в результаті зниження загального вмісту солей у середовищі культивування продуцента з 11 до 2,5 г/л. Так, згідно цієї технології витрати на сировину для одержання 1 кг етаполану є у 3,5 раза нижчими порівняно з вихідною.

Подальші експерименти показали, що реологічні показники розчинів етаполану, синтезованого в умовах міксотрофного росту *Acinetobacter* sp. B-7005 на середовищі мінімального складу з дешевими джерелами вуглецю і енергії (ацетат + меляса) є вищими, ніж аналогічних розчинів ксантану, проте нижчими порівняно з розчинами етаполану, утворюваного на суміші етанолу і глюкози [2].

Оскільки, у процесі росту *Acinetobacter* sp. B-7005 відбувається структурування синтезованого ЕПС одновалентними катіонами (зокрема K^+), що містяться у поживному середовищі [3], ми припустили, що одним з підходів до підвищення реологічних властивостей етаполану може бути збільшення у середовищі з ацетатом та мелясою концентрації катіонів калію.

У зв'язку з цим метою даною роботи було дослідження особливостей синтезу етаполану за умов міксотрофного росту продуцента на середовищі з підвищеним вмістом K^+ .

Як об'єкт досліджень використовували ЕПС-синтезувальний штам бактерій *Acinetobacter* sp. 12S, депонований в Депозитарії Інституту мікробіології і вірусології НАН України під номером ІМВ В-7005.

© Т.П. Пирог, Г.О. Іванушкіна, С. О. Гарбарчук, 2008

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Культивування бактерій здійснювали в колбах на качалці (300 об/хв) при 30 °С упродовж 72–120 год на рідкому мінеральному середовищі 1 такого складу, (г/л): $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ — 2,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,4; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001, а також на середовищі аналогічного складу за винятком концентрації $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$, яка становила 3,0 г/л (середовище 2). Концентрація катіонів калію у середовищі 1 і 2 становила 15 і 22 мМ відповідно. Підвищення концентрації K^+ до 22 мМ було зумовлено такими причинами. По-перше, збільшення вмісту $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ до 3,0 г/л у середовищі культивування не суттєво підвищить витрати на сировину при одержанні етаполану. По-друге, раніше було показано, що за концентрації катіонів калію 20 мМ у середовищі з етанолом синтезується етаполан, якому притаманні необхідні для практичного використання реологічні властивості [4].

У середовища додатково вносили 0,5 % (об'ємна частка) дріжджового автолізу та 0,0006 % (масова частка) пантотенату кальцію (вітамін B_5). Штам *Acinetobacter* sp. В-7005 є ауксотрофом за цим вітаміном. Як джерело вуглецю та енергії у середовищі 1 використовували суміш ацетату натрію (1,1 %, масова частка) і меляси (0,75 % за вуглеводами, масова частка). Кислотну обробку меляси з метою гідролізу сахарози здійснювали, як описано раніше [1]. Для доведення рН середовища до 7,0 після внесення розчину меляси здійснювали підлучення стерильним 10 % розчином КОН. В одному з варіантів підлучення середовища не проводили.

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної (18–20 год) та стаціонарної (70–72 год) фаз росту, вирощену на середовищах наведеного вище складу, що містили як джерело вуглецю і енергії ацетат натрію (0,7 %), мелясу (0,5 % за вуглеводами), а також суміш ацетату натрію (0,35 %) і меляси (0,25 % за вуглеводами). В одному з варіантів у середовище з ацетатом натрію вносили джерело азотного живлення (NaNO_3 , 0,3 г/л). Кількість посівного матеріалу становила 1–10 % від об'єму середовища, що засівається.

Концентрацію біомаси визначали за оптичною густиною клітинної суспензії з наступним перерахунком на абсолютно суху біомасу (АСБ) у відповідності з калібрувальним графіком. Кількість синтезованих ЕПС визначали ваговим методом після осадження ізопропанолом. ЕПС-синтезувальну здатність визначали як відношення кількості синтезованих ЕПС до АСБ та виражали в г ЕПС/г АСБ.

На першому етапі аналізували показники синтезу етаполану на середовищах з різною концентрацією катіонів калію (табл. 1). Як видно з наведених у табл. 1 даних, за умов росту продуцента етаполану на обох середовищах кількість ЕПС була практично однаковою (тобто не залежала від вмісту K^+ у середовищі), проте ЕПС-синтезувальна здатність під час культивування *Acinetobacter* sp. В-7005 на середовищі 2 виявилась вищою порівняно з вирощуванням штаму на середовищі 1 (7,44 і 6,59 г ЕПС/г АСБ, відповідно).

Таблиця 1. Синтез етаполану на середовищах з різним вмістом катіонів калію

Концентрація K^+ у середовищі, мМ	АСБ, г/л	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС/ г АСБ
15 (середовище 1)	1,48±0,07	9,75±0,19	6,59±0,32
22 (середовище 2)	1,32±0,06	9,82±0,18	7,44±0,37

П р и м і т к и. Посівний матеріал (5 %) з експоненційної фази росту, вирощений на середовищах 1 і 2 з 0,5 % меляси. Початкове значення рН середовищ 7,0. Тривалість культивування 96 год.

Наступні експерименти показали, що показники синтезу етаполану залежать від початкового рН середовища під час одержання інокуляту, а також від природи джерела вуглецю (табл. 2). Результати досліджень, наведені у табл. 2, засвідчують необхідність нейтралізації середовища для одержання інокуляту.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Так, у цьому разі показники синтезу етаполану були у 1,2–2 рази вищими порівняно з використанням посівного матеріалу, одержаного на середовищі з початковим значенням рН 6,2. Це явище можна пояснити тим, що ацетат транспортується в клітини *Acinetobacter* sp. В-7005 за нейтрального значення рН, як було показано нами раніше [5].

Таблиця 2. Вплив початкового рН і природи джерела вуглецю у середовищі для одержання інокуляту на синтез етаполану

Джерело вуглецю під час одержання інокуляту	Початкове значення рН середовища при одержанні інокуляту	АСБ, г/л	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС/г АСБ
М'яса, 0,5 %	6,2*	1,32±0,06	8,15±0,18	6,17±0,31
	7,1**	1,32±0,06	9,82±0,18	7,44±0,37
Ацетат натрію, 0,7 %	6,2*	0,85±0,04	5,35±0,26	6,29±0,31
	7,1**	1,1±0,05	10,95±0,55	9,96±0,49
Ацетат натрію, 0,35 % + м'яса, 0,25 %	6,2*	1,4±0,07	6,53±0,33	4,66±0,23
	7,1**	1,35±0,06	9,38±0,47	6,95±0,35

П р и м і т к и. * - Без підлучення; ** - здійснювали підлучення у процесі біосинтезу 10 % - ним КОН. Культивування здійснювали на середовищі 2. Концентрація інокуляту з експоненційної фази росту — 5 %. Тривалість культивування — 96 год.

Кількість синтезованого етаполану і ЕПС-синтезувальна здатність були найвищими за використання інокуляту, вирощеного на середовищі з ацетатом натрію (табл. 2). Раніше нами було показано, що під час росту штаму В-7005 на середовищі 1 з ацетатом натрію і м'ясою показники синтезу етаполану були також максимальними за умови застосування інокуляту, одержаного на ацетаті [1]. У праці [1] ми встановили, що це явище зумовлене індукцією у таких умовах глюконеогенетичної гілки обміну речовин, про що засвідчило підвищення активності ферментів глюксолатного циклу і глюконеогенезу порівняно із використанням посівного матеріалу, вирощеного на м'ясі або суміші ацетату натрію і м'яси.

Враховуючи, що середовище для вирощування штаму В-7005 не містить солей азоту, ми вважали, що за умови використання ацетату як джерела вуглецю для одержання інокуляту у середовище необхідно вносити джерело азотного живлення (якщо субстратом слугує м'яса, вона є одночасно джерелом вуглецю і азоту). Проте експерименти показали, що незалежно від наявності у середовищі з ацетатом нітрату натрію показники синтезу етаполану на суміші ацетату і м'яси практично не відрізнялись. Можливість одержання інокуляту на безазотному середовищі з ацетатом зумовлена, найімовірніше, здатністю штаму В-7005 у певних умовах культивування фіксувати молекулярний азот [3].

У наступних експериментах посівний матеріал вирощували на середовищі з ацетатом натрію без джерела мінерального азоту, а також здійснювали нейтралізацію середовища як під час одержання інокуляту, так і у процесі біосинтезу етаполану.

Дослідження впливу концентрації посівного матеріалу на синтез етаполану показало, що кількість ЕПС і ЕПС-синтезувальна здатність досягали максимального значення за використання інокуляту у концентрації 3 і 5 % (табл. 3).

Звичайно ж, точки зору економічної доцільності використання 3 % посівного матеріалу є вигіднішим, ніж 5 %.

Раніше [3] ми показали, що в умовах напівбезперервного культивування *Acinetobacter* sp. В-7005 у ферментаторі АК-210 на середовищі з етанолом використання посівного матеріалу із стаціонарної фази росту супроводжувалось

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

суттєвим скороченням (а часто й відсутністю) лаг-фази і тривалості культивування порівняно з використанням інокуляту, вирощеного до середини експоненційної фази росту. Це явище ми пояснювали так. Інокулят із стаціонарної фази (на відміну від інокуляту з експоненційної фази росту) містить значну кількість полісахариду, який завдяки високій в'язкості може виконувати захисну функцію по відношенню до клітин продуцента, що й зумовлює інтенсифікацію біосинтезу в результаті скорочення тривалості лаг-фази і процесу культивування.

Таблиця 3. Вплив концентрації посівного матеріалу на синтез етаполану

Концентрація посівного матеріалу, %	АСБ, г/л	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність г ЕПС/г АСБ
1	1,0±0,05	9,30±0,47	9,30±0,47
3	1,1±0,05	10,85±0,54	9,86±0,49
5	1,1±0,05	10,95±0,55	9,96±0,49
7	1,2±0,06	10,90±0,55	9,08±0,45
10	1,2±0,06	11,0±0,56	9,17±0,46

П р и м і т к и. Культивування здійснювали на середовищі 2. Інокулят з експоненційної фази росту вирощений на середовищі з ацетатом натрію. Початкове значення рН середовища під час одержання інокуляту і біосинтезі 7,0. Тривалість культивування — 96 год.

Дослідження впливу фізіологічного стану посівного матеріалу на синтез етаполану на суміші ацетату і меляси показало, що незалежно від концентрації (3 чи 5 %) за використання інокуляту із стаціонарної фази росту спостерігається сповільнення процесу синтезу ЕПС порівняно із застосуванням посівного матеріалу з експоненційної фази росту (табл. 4). Так, у цьому разі кількість ЕПС досягала максимального значення (до 11 г/л) лише на 120 год культивування, що на 24 год довше, ніж за використання інокуляту з експоненційної фази росту. На 72 год росту кількість етаполану, синтезованого за умови застосування посівного матеріалу з експоненційної фази була у 1,5–1,7 раза вищою, ніж у разі використання інокуляту із стаціонарної фази росту.

Таблиця 4. Синтез етаполану на суміші ацетату натрію і меляси залежно від фізіологічного стану інокуляту

Концентрація інокуляту, %	Фаза росту інокуляту	Тривалість процесу біосинтезу ЕПС, год	АСБ, г/л	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС/г АСБ
3	Експоненційна	72	1,2±0,06	9,95±0,49	8,29±0,42
		96	1,1±0,05	10,85±0,54	9,86±0,49
		120	1,1±0,05	10,85±0,54	9,86±0,49
	Стаціонарна	72	1,2±0,06	5,9±0,29	4,92±0,25
		96	1,1±0,05	7,05±0,35	6,41±0,32
		120	1,0±0,05	10,9±0,54	10,9±0,54
5	Експоненційна	72	1,17±0,05	9,25±0,46	7,91±0,40
		96	1,1±0,05	10,95±0,55	9,96±0,49
		120	1,1±0,05	10,95±0,55	9,96±0,49
	Стаціонарна	72	1,3±0,06	6,25±0,31	4,81±0,23
		96	1,4±0,07	8,75±0,43	6,25±0,31
		120	1,2±0,06	11,0 ±0,55	9,17±0,46

П р и м і т к и. Культивування здійснювали на середовищі 2. Інокулят вирощений на середовищі з ацетатом натрію. Початкове значення рН середовища під час одержання інокуляту і біосинтезі 7,0.

Висновки. Таким чином, у результаті проведеної роботи встановлено, що максимальні показники синтезу (кількість ЕПС до 11 г/л, ЕПС-синтезувальна

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

здатність до 10 г ЕПС/ г біомаси) за умов росту *Acinetobacter* sp. В-7005 на середовищі з ацетатом і м'ясою і концентрацією катіонів калію 22 мМ спостерігалися за використання 3 % посівного матеріалу з експоненційної фази росту, вирощеного на моносубстраті ацетаті натрію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пирог Т.П., Лащук Н.В., Зборовська Б.М. Синтез екзополісахариду етаполану в умовах міксотрофного росту *Acinetobacter* sp. УКМ В-7005 на суміші С₂-сполук і м'яси // Харчова промисловість. — 2007. — № 5. — С. 26–29.
2. Пирог Т.П., Іванушкіна Г.О. Реологічні властивості мікробного полісахариду етаполану, синтезованого на суміші енергетично дефіцитних субстратів // Харчова промисловість. — 2008. — № 7. — (У друці).
3. Гринберг Т.А., Пирог Т.П., Малашенко Ю.Р., Пинчук Г.Э. Микробный синтез экзополисахаридов на С₁-С₂-соединениях. К.: Наук. думка, 1992. — 212 с.
4. Корж Ю.В. Регуляція С₂-метаболізму у *Acinetobacter* sp. В-7005 — продуцента екзополісахариду етаполану. Автореф. дис...канд. біол. наук. — Київ: Інститут мікробіології і вірусології НАН України, 2005. — 21 с.
5. Пирог Т.П., Высятецкая Н.В. Корж Ю.В. Особенности синтеза экзополисахаридов етаполана на смеси энергетически дефицитных ростовых субстратов // Микробиология. — 2007. — Т.76, № 1. — С. 32–38.

Надійшла до редколегії 04.09.2008 р.

УДК 663.05

Ст.Т. Дамянова, д-р, доцент

С.Ст. Тодорова, асист.

Н.В. Іванова, асист.

Євг.Р. Ганева,

Р.Л. Стефанова

Русенський університет «Ангел
Кънчев», Болгарія

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розроблено кисломолочний продукт функціонального призначення шляхом додавання насіння кунжуту, льону, вівсяних пластівців і бджолиного меду. Досліджено вплив добавок на динаміку кислотоутворення, синерезис, органолептичні показники і розвиток молочнокислих бактерій. Добавки роблять продукт корисним для здоров'я.

Ключові слова: функціональне харчування, кисломолочний продукт, добавка, кунжут, льон, вівсяні пластівці, бджолиний мед.

Yoghourt product have been developed possessing qualities of functional food by adding sesame seeds, flax seeds, oat flakes and honey. The influence of additives on the dynamics acid formation, the syneresis, organoleptic indices and development of lactic acid bacteria is investigated. Additives make the yoghurt product wholesome and healthful food.

Key words: functional food, yoghurt product, additives, sesame seeds, flax seeds, oat flakes, honey.

Функціональне харчування — один з нових напрямків в науці харчування, особливо важливий для здорового способу життя. Функціональне харчування сприятливо впливає на різні функції організму, покращує стан здоров'я або знижує ризик розвитку багатьох захворювань.

Молочнокислі продукти — чудова база для внесення біологічно активних інгредієнтів. Наявність в них води та ліпідів сприяє внесенню водорозчинних добавок. [4, 7]

У попередніх наших працях отримано і досліджено молочнокислі продукти з додаванням вівсяних пластівців [2], насіння кунжуту [6], насіння льону [1] і бджолиного меду [3].

Мета цієї роботи — отримати і дослідити молочнокислі продукти, що містять збір з цих добавок.

Матеріали та методи

Експерименти проведені в лабораторних умовах з коров'ячим молоком з Разградської області у північно-східній Болгарії.

У свіжому коров'ячому молоці визначалось: вміст молочного жиру, сухий знежирений залишок, загальний білок, щільність, склад води, кріоскопічне число. Мікрофлору свіжого та пастеризованого молока визначено згідно з Регламентом 853/2004/ЕС. Кислотність визначена рН-метром для титрування кислотності і за методом Тернера [5]. Кисле молоко було отримано закваскою фірми ПіСофт *Lyofast Y 382 F* за класичною технологією. До молока були додані речовини: вівсяні пластівці, насіння льону і кунжуту, бджолиний мед.

На готових молочнокислих продуктах були визначені: динаміка кислотоутворення; синерезис; органолептичний аналіз (за методикою Національної молочної асоціації); мікробіологічні показники і кількість живих молочнокислих бактерій за методом Brid [5].

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Результати роботи

Дані про склад, властивості та мікрофлору свіжого та пастеризованого молока наведені в таблиці 1. За показниками рН, кислотності, жирності, сухому знежиреному залишку (СЗЗ), щільності, складу води та кріоскопічному числу воно відповідає вимогам. У свіжому молоці підвищено число мезофільних мікроорганізмів, які потрапляють при ручному доїнні, із зовнішнього середовища, поверхні вим'я корови і посуду. Дані показують, що пастеризоване молоко відповідає необхідним вимогам.

Таблиця 1. Властивості і мікрофлора свіжого (С) і пастеризованого (П) молока

Показники	Молоко		Мікрофлора свіжого та пастеризованого молока		
	С	П	Мікробні показники, cfu ml ⁻¹	Молоко,	
				С	П
рН	6,65	6,60	Всі мікроорганізми	3,8.10 ⁵	0
Кислотність, °Т	17,00	18,00	Психротрофні мікроорганізми	1,9.10 ⁴	0
Жирність, %	3,60	3,60	Термофільні мікроорганізми	1,0.10 ³	0
СЗЗ, %	9,02	9,31	Колібактерії	6,0.10 ³	0
Щільність, °А	29,07	30,06	Патогенні стафілококи	3,0	0
Склад води	0,00	0,00	Цвіль і дріжджі	1,2.10 ³	0
Кріоскопічне число	50,00	60,40			

Простежено динаміку кислотоутворення (рис. 1) в кислому молоці без добавки (контроль), в кислому молоці з додаванням мелених вівсяних пластівців (6 %), насіння льону (4 %) та насіння кунжуту (2 %) (продукт № 1), а також в кислому молоці, яке крім згаданих добавок, містить 4 % бджолиного меду (продукт № 2).

Дані представляють етапи закваски, коагуляції та збереження продуктів при 4 °С від 24 годин до 10 днів. Кислотність у всіх трьох пробах зростає. Більш високі швидкості і темпи наростання кислотності спостерігаються в контрольному молоці. Уповільнено кислотоутворення в продуктах з добавками, особливо в № 1.

Викликає увагу час коагуляції молока. Контрольне молоко коагулює за три з половиною години, інші за 40 хвилин. Після 24 годин кислотність контрольного молока зростає до 96 °Т, а продуктів з добавками — 80 °Т. Після 48 годин кислотоутворення в них сповільнюється. Через 10 днів зберігання при

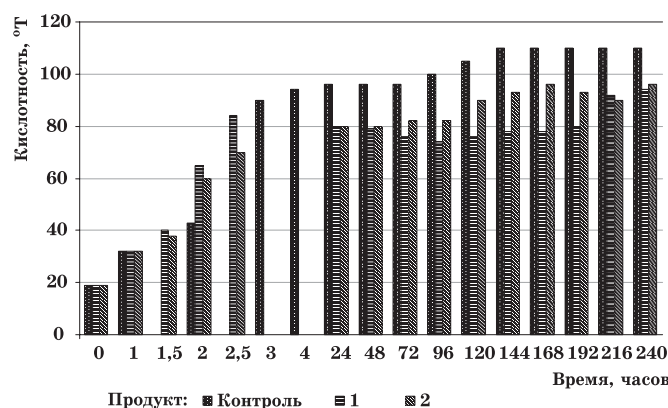


Рис. 1. Динаміка кислотоутворення в кислому молоці без добавки (контроль) і з добавками: № 1 і № 2

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

4 °С кислотність у контрольному молоці досягає 110 °Т, а в продуктів з добавками — 94 °Т і 96 °Т. Отже, добавки сповільнюють процес. Цей факт відмічено і у молочних продуктах, що містять їх окремо [1, 2, 3, 6]. Кожна з добавок знижує кислотоутворення. При комбінуванні їх в одному продукті спостерігається подовження процесу кислотоутворення, що сприяє більш тривалому зберіганню щільної консистенції, приємному молочнокислого смаку, а також збільшуються кількість сприятливо-діючих на організм речовини.

Синерезис досліджених продуктів представлений в таблиці 2. Всі добавки впливають на цей показник. Кількість накопиченої протягом 5 годин молочної сироватки значно більша в контрольному молоці (42,5 см³), а в продуктах з добавками — тільки 1,3 см³ (№ 1) та 4,4 см³ (№ 2). Згідно даних синерезису в молочних продуктах, що містять окремо кожну добавку [1, 2, 3, 7], вважаємо, що найбільший вплив на цей показник надають вівсяні пластівці і насіння льону. Вони здатні поглинати і затримувати воду, зменшуючи кількість сироватки, що відділяється від кислого молока. Це покращує якість молочного продукту.

Таблиця 2. Синерезис молочнокислих продуктів

№	Продукт					
	Кисле молоко без добавок (контроль)		№1		№2	
	Час, хв	Молочна сироватка, см ³	Час, хв	Молочна сироватка, см ³	Час, хв	Молочна сироватка, см ³
1	5	8,0	5	0,0	5	0,0
2	10	17,0	10	0,0	10	0,5
3	15	19,0	15	0,0	15	1,0
4	30	21,0	30	0,0	30	1,4
5	60	35,0	60	0,5	60	2,0
6	120	41,0	120	1,3	120	4,4
7	180	41,5	180	1,3	180	4,4
8	240	42,0	240	1,3	240	4,4
9	300	42,5	300	1,3	300	4,4

У таблицях 3, 4 та 5 показано кількість живих молочнокислих бактерій (лактобацили, стрептококи і загальне число) з моменту коагуляції, після неї і при зберіганні продуктів протягом 10 днів при температурі 4 °С. Початкове число життєздатних клітин однакове для всіх продуктів. Воно максимальне після коагуляції молока, потім поступово знижується, але навіть після 10 днів концентрація активних клітин лактобацил і стрептококів понад 109 cfu/g. За даними таблиці видно, що лактобацил в кислому молоці без добавок у 43 рази більше після коагуляції. Відповідно в молочних продуктах № 1 і № 2 їх в 47,5 і в 46 разів більше. На десятий день їх кількість в 4,3 рази менша по відношенню до максимальної кількості після коагуляції в контрольному молоці, і лише в 0,9 раз менша в продуктах з добавками. Кількість лактобацил в продуктах № 1 і № 2 після десятого відповідно в 44 і в 42,5 рази більше по відношенню до первісного, а в контрольному молоці їх тільки в 10 разів більше.

Згідно даних Світової організації охорони здоров'я, з відомих 15 видів пробіотичних мікроорганізмів, найкорисніший ефект має *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. Його висока концентрація в отриманих продуктах гарантує сприятливий вплив на організм.

Після коагуляції кількість стрептококів в контрольному молоці в 73 рази більше, і відповідно в 77 і 75 разів більше у продуктах з добавками. На десятий день їх в 2,3 рази менше максимуму в контрольному молоці і в 0,97 і 0,89 разів менше від-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

повідно в продуктах № 1 і № 2. Стрептококів на десятій день по відношенню до їх початкової кількості у 31,3 раз більше в молочного продукті без добавок, в продукті № 1 — у 75 разів більше, і продукті № 2 — в 66,7 раз більше.

Загальна кількість молочнокислих бактерій у продукті без добавок у 67 разів більше після коагуляції, а в продуктах № 1 і № 2 їх кількість зростає відповідно в 71,2 і в 69,2 рази. Після десятиденного зберігання кількість молочнокислих бактерій у контрольному молоці зменшується в 2,5 разів і лише в 0,97 і 0,89 раз відповідно в продуктах № 1 і № 2. По відношенню до початкового періоду, після 10 днів, бактерій в контролі в 27 разів більше, і відповідно в 68,8 і 61,7 разів більше в продуктах з добавками.

В продукті № 2 після десятиденного зберігання порівняно з контрольним молоком лактобацил у 4,4 рази більше, стрептококів — у 2,4 рази більше, в 2,6 разів більше молочнокислих бактерій.

В продукті № 2 після десятиденного зберігання порівняно з контрольним молоком в 4,3 разів більше лактобацил, в 2,1 рази більше стрептококів і в 2,3 разів більше молочнокислих бактерій.

Отримані результати показують, що збір добавок у молочних продуктах сприятливо впливає на розвиток молочнокислих бактерій. Їх кількість збільшується до концентрації більше 10^9 , і їх корисна дія зберігається тривалий час. Кожна добавка окремо теж створює позитивний ефект, але він значно більший при комбінуванні [1,2,3,6].

Таблиця 3. Молочнокислі бактерії в кислому молоці без добавок (контроль)

№	Період визначення	Кількість життєздатних клітин, cfu/g		
		Лактобацили	Стрептококи	Загальне
1	До коагуляції	$1,2 \cdot 10^7$	$4,8 \cdot 10^7$	$6,0 \cdot 10^7$
2	Після коагуляції	$5,2 \cdot 10^8$	$3,5 \cdot 10^9$	$4,02 \cdot 10^9$
3	Після 24 годин	$2,3 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^9$	$2,43 \cdot 10^9$
4	Після 48 годин	$1,8 \cdot 10^8$	$1,8 \cdot 10^9$	$1,98 \cdot 10^9$
5	Після 10 днів	$1,2 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^9$	$1,62 \cdot 10^9$

Таблиця 4. Молочнокислі бактерії в продукті №1

№	Період визначення	Кількість життєздатних клітин, cfu/g		
		Лактобацили	Стрептококи	Загальне
1	До коагуляції	$1,2 \cdot 10^7$	$4,8 \cdot 10^7$	$6,0 \cdot 10^7$
2	Після коагуляції	$5,7 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^9$	$4,27 \cdot 10^9$
3	Після 24 годин	$5,55 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^9$	$4,26 \cdot 10^9$
4	Після 48 годин	$5,4 \cdot 10^8$	$3,6 \cdot 10^9$	$4,14 \cdot 10^9$
5	Після 10 днів	$5,3 \cdot 10^8$	$3,6 \cdot 10^9$	$4,13 \cdot 10^9$

Таблиця 5. Молочнокислі бактерії в продукті №2

№	Період визначення	Кількість життєздатних клітин, cfu/g		
		Лактобацили	Стрептококи	Загальне
1	До коагуляції	$1,2 \cdot 10^7$	$4,8 \cdot 10^7$	$6,0 \cdot 10^7$
2	Після коагуляції	$5,5 \cdot 10^8$	$3,6 \cdot 10^9$	$4,15 \cdot 10^9$
3	Після 24 годин	$5,4 \cdot 10^8$	$3,3 \cdot 10^9$	$3,84 \cdot 10^9$
4	Після 48 годин	$5,2 \cdot 10^8$	$3,3 \cdot 10^9$	$3,82 \cdot 10^9$
5	Після 10 днів	$5,1 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^9$	$3,71 \cdot 10^9$

Органолептичні показники представлені в таблиці 6. Отримані молочнокислі продукти з дуже добрим і збалансованим смаком, консистенцією та структурою.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Таблиця 6. Органолептичні показники кисломолочних продуктів

Продукт	Колір	Коагулум	Консистенція	Смак і запах
Кисле молоко контрольне	білий	щільний гладкий	сметаноподібна однорідна	приємний, специфічний, молочнокислий
N1	білий з кремовим відтінком, специфічний для цих добавок	щільний	Кремоподібна однорідна	приємний, специфічний, типовий для цих добавок
N2	білий з кремовим відтінком, специфічний для цих добавок	щільний	Кремоподібна однорідна	приємний, специфічний, типовий для цих добавок

Примітка: для всіх продуктів поверхня — гладка, розріз — гладкий з легким відділенням сироватки.

Висновки

Отримано молочнокислі продукти функціонального призначення з додаванням вівсяних пластівців, насіння льону, кунжуту, і бджолиного меду. Добавки сприятливо впливають на динаміку кислотоутворення, синерезис, органолептичні показники та розвиток молочнокислих бактерій. Висока концентрація живих пробіотичних молочнокислих бактерій забезпечує організм необхідною кількістю активної мікрофлори, надає продуктам лікувально-профілактичні властивості та забезпечує їх тривале зберігання.

Продукти створюють класичний смак болгарського кислого молока і мають високу якість як корисне і здорове харчування. Рекомендується їх вживання в щоденному меню з метою забезпечення здорового способу життя сучасної людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Н. Василева, С.Тодорова, С. Дамянова, Р. Стефанова, Е. Ганева. Получение функциональных пищевых продуктов. III. Кислое молоко с молотыми льняными семенами. — Ежегодник ШУ «Св. Константин Преславски». — 2010. — Т. XX. — С. 167–176.
2. С. Дамянова, Н. Василева, С. Тодорова, Р. Стефанова, Е. Ганева. Получение функциональных пищевых продуктов. I. Кислое молоко с овсяными хлопьями. — Научные труды РУ «Ангел Канчев». — 2009. — Т. 48. — С. 169–174.
3. С. Дамянова, С. Тодорова, Н. Василева, Р. Стефанова, Е. Ганева. Получение функциональных пищевых продуктов. IV. Кислое молоко с пчелиным медом. — Ежегодник ШУ «Св. Константин Преславский». — 2010. — Т. XX. Сер. — В.2. — С. 177–185.
4. С. Дамянова, С. Тодорова, Н. Василева, Р. Стефанова, Е. Ганева. Функциональная пицца «Елби Биостарт». — Пищевая промышленность. — 2008. — №11. — С. 46–51.
5. Г. Славчев, Р. Еникова, М. Макавеева. Руководство по физикохимическому и микробиологическому контролю молока и молочных продуктов. — София: «Асоциация молочников Болгарии», 2003.
6. С. Тодорова, С. Дамянова, Н. Василева, Р. Стефанова, Е. Ганева. Получение функциональных пищевых продуктов. II. Кислое молоко с семечками кунжута. — Научные труды РУ «Ангел Кънчев». — 2009. — Т. 48. — С. 175–179.
7. *German Bruce*. The development of functional foods: lessons from the gut. — *Trends in Biotechnology*. — 1999. — Vol.17. P. 492–499.

Надійшла до редколегії: 8. 10.2010

УДК 664.682/.684:613.2

О.М. Григоренко, канд. техн. наук
Київський національний
торговельно-економічний
університет

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА РАДІОЗАХИСНІ ЯКОСТІ ПЕЧИВА З РОЗТОРОПШЕЮ

Запропоновано технологію виробництва пісочного печива з розторопшею та оцінено його органолептичні якості. За результатами експериментального дослідження встановлені радіозахисні властивості нового печива та надано рекомендації щодо введення його до раціону харчування населення, яке проживає у екологічно несприятливих умовах.

Ключові слова: технологія, біологічно активні добавки, розторопша, печиво, радіозахисні властивості.

The technology of cookies with milk thistle (*rastropsha*) is offered and its quality are appreciated. The radioprotective properties of new cookies are determined by experimental research results. The recommendations about its input in a diet of the population, which lives at ecologically adverse conditions, are given.

Key words: technology, biologically active compounds, milk thistle, cookies, radioprotective properties.

Постановка проблеми. У вік стрімкого розвитку науково-технічного прогресу людство зіткнулося з багатьма проблемами, що так чи інакше пов'язані з екологією середовища, в якому відбувається життєдіяльність населення нашої планети. Забруднене навколишнє середовище призводить до забруднення харчових продуктів, споживаючи які будь-яка людина у тій чи іншій формі завдає шкоди своєму організму, поступово переходячи зі стану здорової до стану хворої людини. Необхідність вирішення зазначеної проблеми актуалізує доцільність розробки технологій виробництва інноваційних продуктів харчування, що сприятимуть оздоровленню населення (особливо такого, яке проживає в екологічно несприятливих умовах).

За останні двадцять п'ять років на стані здоров'я населення України та деяких країн СНД найбільш негативно позначилися наслідки аварії на Чорнобильській АЕС, які призвели до суттєвого забруднення солями важких металів і радіонуклідами значних за обсягами територіальних масивів у цих країнах. Усвідомлюючи загрози від радіоактивного опромінення людини та часову тривалість імовірного прояву його наслідків, науковці постійно проводять дослідження, спрямовані на розробку нових продуктів харчування, що сприяють посиленню радіозахисних властивостей організму людини та прискорюють елімінацію радіонуклідів з нього. Зокрема, результати таких досліджень висвітлені у працях Дж. Харрісона, А. Карра, В. Борисова, В. Корзуна, М. Пересічного, П. Рамзаєва, М. Кравченко та інших. Водночас варто зауважити, що багатоваріантність імовірних компонентів та підходів до виробництва вищезазначених продуктів, а також відмінності у смаках та харчових потребах населення обумовлюють доцільність і актуальність проведення досліджень у цьому напрямі й надалі. Тому **основними цілями даного дослідження** стали, по-перше, розробка технології виробництва пісочного печива з розторопшею, а, по-друге, проведення оцінювання радіозахисних якостей цього печива (передусім, шляхом вивчення тенденції щодо виведення цезію з організму опромінених щурів, до раціону яких воно було введено).

Результати дослідження. Останнім часом у багатьох країнах світу значна увага приділяється розробці продуктів харчування, збагачених біологічно актив-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

ними добавками (БАД), у тому числі і такими, що дозволяють успішно виводити радіоактивні елементи з організму живих істот (людей, тварин). При цьому в Україні, як і в світі в цілому, нині суттєво збільшилося виробництво спеціальних БАД, які отримують із традиційних і нетрадиційних джерел рослинної сировини. Такі добавки заслуговують на особливу увагу як продукти природного походження, які є нетоксичними і придатними для тривалого застосування у вигляді рецептурних компонентів або харчових біологічно активних добавок. Їх використання дозволяє:

- достатньо легко і швидко, не підвищуючи калорійність раціону, ліквідувати дефіцит вітамінів, мінеральних речовин та інших мікронутрієнтів;
- максимально індивідуалізувати харчування конкретної здорової людини залежно від її потреб, що істотно відрізняються не тільки через її стать, вік, інтенсивність фізичного навантаження, але і у зв'язку з генетично обумовленими особливостями біохімічної конституції організму;
- максимально задовольнити змінені фізіологічні потреби в харчових речовинах для хворої людини;
- підвищити резистентність організму до впливу несприятливих чинників навколишнього середовища у населення, що мешкає в екологічно несприятливих регіонах країни;
- підсилити і прискорити зв'язування і виведення шкідливих елементів із організму.

Прикладом натуральних біодобавок, що можуть використовуватися в процесі розробки інноваційної технології виробництва нового продукту для харчування людини, яка проживає в екологічно несприятливих умовах, і / або має певні захворювання (що, зокрема, з'явилися внаслідок проживання в екологічно несприятливих умовах) є порошок розторопші плямистої. Цінність цього порошку можна оцінити провівши аналітичне дослідження численних наукових публікацій про властивості розторопші [1; 2; 3 та ін.], основні положення з яких наведемо нижче.

Лікарська рослина «Розторопша плямиста» (*Silybum marianum*) відома вже більше тисячі років. У народній медицині вона використовувалася при лікуванні гепатитів, цирозів печінки, астенії, гипотонії, ревматизмів, бронхитів, онкологічних захворювань. Крім того, БАД з розторопші рекомендують застосовувати при: жировій дистрофії печінки; токсикозах різної етіології; атеросклерозі; цукровому діабеті; недостатності життєвонеобхідних вітамінів, білків та мінеральних речовин. В дерматології розторопшу плямисту та її препарати вживають при багатьох дерматозах, в тому числі при алергічних захворюваннях шкіри, вугрях, облісінні.

Попередні результати хімічних досліджень показали, що до складу насіння розторопші входять: антиоксидант силімарин; білки (17%), які містять всі незамінні амінокислоти; вітаміни (з них водорозчинні: тіамін (В₁), рибофлавін (В₂), ніацин (РР), холін (В₄), піридоксин(В₆), фолатин (В₉), аскорбінова кислота (С), флавоноїди (Р), біотин (Н)); жирні кислоти (30%), у тому числі 60% поліненасичених жирних кислот (вітамін F), пектин, ефірні масла, біогенні аміни, органічні кислоти. Вміст макроелементів на 1 г рослинної сировини розторопші досягає в мг / г: кальцію — 16,6, калію — 9,2, магнію — 4,2, заліза — 0,08; мікроелементів в мкг / г: марганцю — 0,1, міді — 1,16, цинку — 0,71, хрому — 0,15, селену — 22,9, йоду — 0,09, бору — 22,4 тощо [4].

Розторопша плямиста, як біологічно активна харчова добавка, стимулює утворення в організмі ферментів, гормонів, нуклеїнових кислот, нових кліток органів і крові та їх енергозабезпечення. Вона володіє мембраностабілізуючою і антиоксидантною дією (зауважимо, що антиоксиданти розторопші ефективніші, ніж вітамін Е, в сотні разів), здатна до стимуляції регенеративних процесів у печінці при токсичних впливах, нормалізації білкового, ліпідного, вуглеводного

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

обміну речовин, нормалізації енергетичних процесів в мітохондріях. Вживання БАД з розторопші плямистої:

- захищає організм людини від шкідливого впливу радіоактивних та токсичних речовин;
- відновлює структуру та функцію хворого органу людини (перш за все — печінки та серцево-судинної системи);
- посилює імунітет, підвищує опір організму до хвороб;
- перешкоджає всмоктуванню в шлунково-кишковий тракт токсичних речовин та радіонуклідів;
- захищає від дії факторів, що провокують розвиток пухлин;
- сприяє заживленню виразок;
- нормалізує обмін речовин;
- знижує рівень холестерину в крові;
- нормалізує кількість цукру в крові.

Основна діюча речовина БАД із розторопші — біофлавоноїд і антиоксидант сілімарин (2500–4000 мг/%), який міститься у насінні рослини. Він являється гепатопротектором, радіопротектором, антитоксичною речовиною, антиоксидантом, має репаративні властивості, посилює процес накопичення енергії у клітинах. Зауважимо, що речовина сілімарин не руйнується при тепловій обробці, що

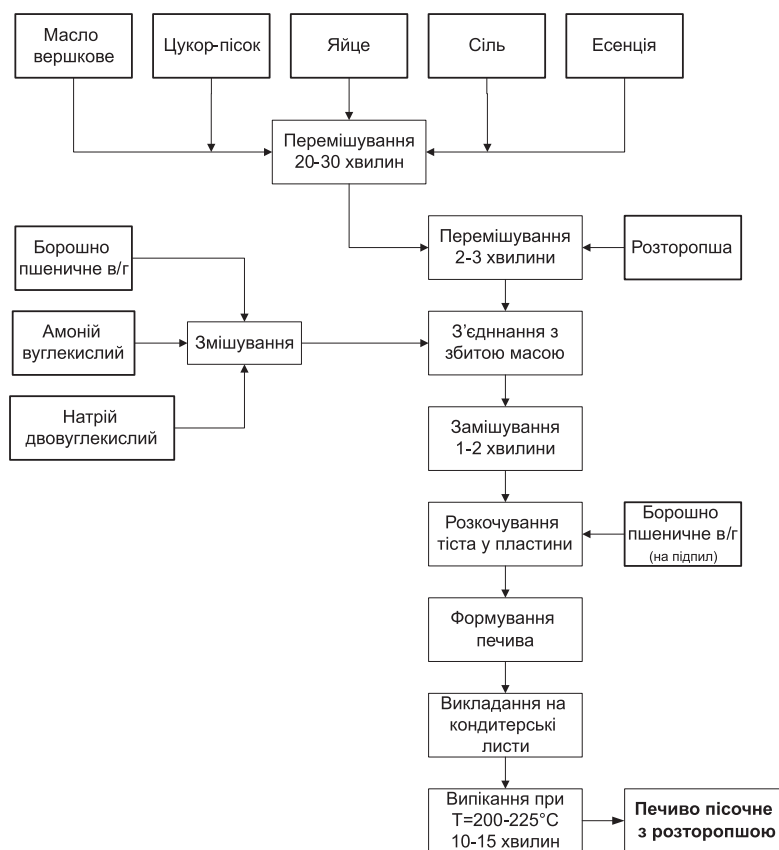


Рис. 1. Загальна схема технології виробництва пісочного печива з додаванням БАД із розторопші

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

дозволяє достатньо широко використовувати розторопшу в процесі виробництва страв, які реалізуються у закладах ресторанного господарства.

Зважаючи на все вищезазначене, пропонуємо розробити технологію виробництва печива пісочного із використанням розторопші, що мало б радіозахисні властивості і сприяло б виведенню радіонуклідів з організму людей (особливо тих, які проживають у зонах, постраждалих від аварії на Чорнобильській АЕС). Для цього спочатку, беручи за основу рецептуру виробництва пісочного печива за традиційною технологією, розробимо загальну схему виробництва пісочного печива з додаванням БАД із розторопші плямистої (рис. 1).

З метою більш детального аналізу відмінностей між виробництвом пісочного печива за традиційною технологією та з додаванням БАД із розторопші плямистої проведемо порівняння переліку та обсягів продуктів, що використовуються для цього (табл. 1). Як свідчать дані табл. 1, перелік продуктів, що використовується для виробництва печива за традиційною технологією, менший на одне найменування — розторопшу. Щодо обсягів цих продуктів, то зміни при виробництві 1 кг печива за традиційною технологією та з додаванням БАД будуть більш суттєвими. Так, для виробництва печива з додаванням БАД (див. дослід у табл. 1) було запропоновано заміщати шротом із розторопші 10% основної сировини, а саме — борошна пшеничного. При цьому вихід пісочного печива з розторопшею виявився майже на 150 г більшим. Отже, для виробництва 1 кг печива з розторопшею отримуємо економію практично по всім продуктовим компонентам печива, що виробляється за традиційною технологією, у розмірі приблизно 13% (лише по борошну ця економія складе приблизно 22%).

Таблиця 1. Порівняння переліку та обсягів продуктів, що використовуються для виробництва пісочного печива за традиційною технологією та з додаванням БАД із розторопші плямистої

Найменування продукту	Печиво вироблене за технологією		
	традиційною	з додаванням БАД із розторопші	
	на 1 кг, г	на 1 кг, г	дослід, г
Борошно пшеничне в/г	515,40	403,31	463,40
Борошно пшеничне в/г (на підпил)	41,20	35,86	41,20
Цукор-пісок	206,20	179,46	206,20
Масло вершкове	309,30	269,19	309,30
Меланж або яйце	72,20	62,84	72,20
Натрій двовуглекислий	0,52	0,45	0,52
Амоній двовуглекислий	0,52	0,45	0,52
Есенція	2,07	1,80	2,07
Сіль	2,06	1,79	2,06
Розторопша (шрот із розторопші)	–	45,26	52,00
Всього сировини	1149,47	1000,41	1149,47
Вихід	1000,00	1000,00	1149,00

Збільшення виходу печива, яке вироблене за технологією з додаванням БАД із розторопші, зокрема, обумовлене зміною показника вмісту вологи у сировині, що використовується для замісу тіста. Якщо у 100 г борошна, що використовується для виробництва печива, згідно з довідником хімічного складу харчових продуктів [5], вміст води становить 14,0%, то у 100 г шроту розторопші плямистої, за дослідженнями С. Ільдірової та ін. [6], вміст води майже удвічі менший (7,2%). Це, а також висновок, зроблений в результаті дослідження фак-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

торів, що впливають на вихід борошняних виробів [7]: чим нижча вологість борошна, яке перероблюється, тим вищим буде вихід виробу, дає підстави констатувати обґрунтованість збільшення виходу пісочного печива після змін у його борошняній структурі (заміщення частини борошна шротом із розторопші). Зауважимо, що у даному дослідженні більш детально інші фактори, які могли вплинути на збільшення виходу печива, нами не досліджувалися.

Згідно з результатами експертного оцінювання, вироблене за інноваційною технологією пісочне печиво з додаванням БАД із розторопші отримало в цілому високу органолептичну оцінку (рис. 2). Поряд з цим, варто зауважити, що за показником концентенції воно має певні відхилення не тільки від умовного (бажаного) печива-еталону, але і від печива, виготовленого за традиційною технологією, концентенцію якого опитані експерти оцінили у 4,9 балах з 5-ти можливих.

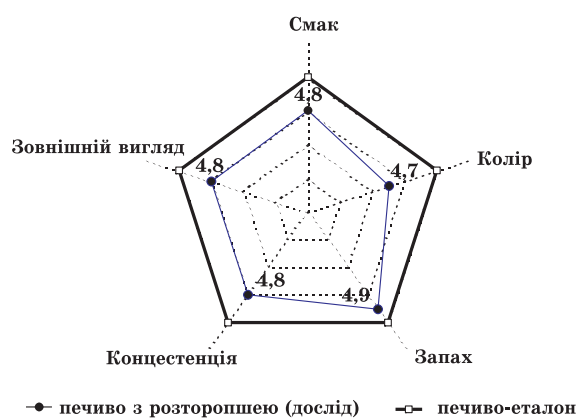


Рис. 2. Порівняння пісочного печива з додаванням БАД із розторопші та печива-еталону за органолептичними показниками, у балах (за 5-бальною шкалою)*

Примітка. Розраховано за даними опитування 12 експертів.

Експериментальні дослідження з вивчення радіозахисних властивостей печива пісочного, виготовленого з використанням розторопші, були поставлені в радіоізотопному віварії на безпородних самках білих щурів масою $170,0 \pm 9,0$ г, одного віку — 3 місяці. В досліді було використано 20 тварин, по десять одиниць у кожній з 2-х груп.

Щурам обох груп за допомогою внутрішлункового зонду рег ос одноразово було введено $1600,0 \pm 38,0$ Бк розчину ізотопу хлориду цезію. Потім протягом 30 днів проводилось спостереження за виведенням радіонуклідів з організму цих щурів.

Тварини дослідної групи на протязі всього експерименту отримували віварний раціон, частина якого була замінена на досліджуване пісочне печиво з розторопшею (10%), а тварини контрольної групи отримували звичайний віварний раціон.

Вміст радіоізопадів в організмі щурів визначали за гама-випроміненням цезію-137 (барію-137) на метрологічно забезпеченому гама-спектрометрі «Adkam» з аналізатором імпульсів на 4096 каналів, із сцинтиляційним детектором NaI фірми «Vicon». Вимірювання проводили в геометрії пластикового пеналу, в якому тварина фіксувалася.

Отримані результати експериментальних досліджень були оброблені з використанням стандартних методів варіаційної статистики і сучасної обчислювальної техніки. Дані впливу досліджуваного пісочного печива з розторопшею на динаміку виведення радіоцезію з організму щурів зведено у табл. 2.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

У щурів, які споживали печиво з розторопшею, відмічена тенденція до прискорення виведення цезію, достовірна різниця з контрольними тваринами була не у всі дні спостереження і складала в середньому 10,3% (рис. 3).

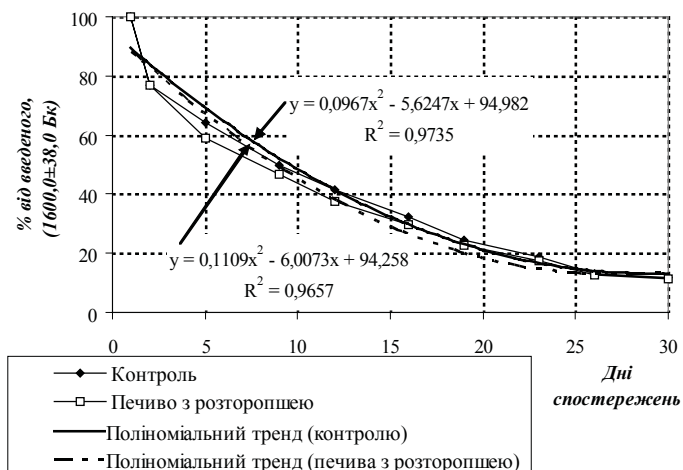


Рис. 3. Динаміка виведення цезію-137 у щурів, до раціону харчування яких введено пісочне печиво з додаванням БАД із розторопші плямистої

Таблиця 2. Динаміка виведення цезію-137 у щурів, до раціону харчування яких було введено пісочне печиво з розторопшею (% від введеного, $M \pm m$, % від контролю)

Дні спостережень	Контроль	Печиво з розторопшею	% від контролю
1	100,0	100,0±5,1	—
2	76,9	73,8±3,2	4,0
5	64,4	56,6±2,3*	12,1
9	50,0	44,7±2,0*	10,6
12	41,5	35,8±1,7*	13,7
16	32,5	28,4±1,2*	12,5
19	24,3	21,6±1,0*	11,1
23	18,6	16,7±0,7*	10,3
26	13,3	12,0±0,7	9,8
30	11,8	10,8±0,4	8,9

Примітка. Різниця з контролем статистично достовірна, $P < 0,05$.

Висновки та перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Беручи до уваги отримані результати дослідження вважаємо, що БАД з розторопші є перспективною сировиною для виробництва продуктів харчування, які сприяють зменшенню накопичення радіонуклідів в організмі живої істоти. Це, а також достатньо високі позитивні оцінки органолептичної якості пісочного печива, виробленого за розробленою технологією з додаванням БАД із розторопші плямистої, свідчить про доцільність його введення до раціонів харчування населення, яке проживає в екологічно несприятливих умовах (особливо на територіях, забруднених радіоактивними елементами).

Зважаючи на хімічний склад розторопші та позитивні наслідки використання БАД з розторопші при лікуванні різних захворювань, вважаємо, що вклю-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

чення розробленого у ході даного дослідження печива з розторопшею до раціону харчування людини сприятиме не тільки виведенню радіонуклідів з її організму, а і лікуванню / профілактиці певних захворювань. Необхідність всебічного наукового підтвердження цієї думки є цілком актуальним напрямом для проведення подальших досліджень, що пов'язані з розробкою інноваційних продуктів харчування та технологій їх виробництва. Перспективними також вважаємо дослідження, спрямовані на:

- розробку нових продуктів харчування (у т.ч. з додаванням інших БАД), які сприятимуть зменшенню накопичення радіонуклідів в організмі людини;
- проведення порівняльного аналізу цих продуктів з метою виявлення тих, які мають найкращі радіозахисні якості;
- вироблення та обґрунтування методики комплексного оцінювання якісних характеристик продуктів харчування та їх впливу на стан здоров'я людини, що їх споживає.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Болоховець Г.С.* Фармакогностичне вивчення розторопші плямистої: автореф. дис... канд. фармац. наук: 15.00.02 / Г.С. Болоховець. — Харків, 2008. — 19 с.
2. *Тищенко О.В.* Дія розмелених плодів розторопші плямистої на функціональний стан печінки та підшлункової залози при радіаційному і токсичному ураженні: автореф. дис... канд. мед. наук: 03.00.01 / О.В. Тищенко; АМН України. Наук. центр радіац. медицини. — К., 2003. — 20 с.
3. *Носенко Ю.* Розторопша плямиста — «подарунок Діви Марії» / Юрій Носенко // *Агроексперт* [Текст]: практичний посібник аграрія. — К.: ТОВ «Аграр Медієн Україна». — 2009. — №11. — С. 30–32.
4. *Расторопша.* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://narodmed.in.ua/likarski-roslini/print:page,1,6-rastoropsha.html>.
5. *Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. проф., д-ра техн. наук И.М. Скурихина, проф., д-ра мед. наук М.Н. Волгарева.* — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ВО «Агропромиздат», 1987. — 224 с.
6. *Гльдирова С.К.* Використання розторопші плямистої у виробництві виробів із пісочного тіста / Гльдирова С.К., Стіборовський С.Е., Старостеле О.В. // *Вісник ДонНУЕТ.* — 2010. — №1(45). — С. 121–126.
7. *Факторы, влияющие на выход: влажность муки, теста, количество сырья и технологические затраты.* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.russbread.ru/vyход-i-assortiment-xleba/factory-vliyaushhie-na-vyход-vlzhnost-muki-i-testa-kolichestvo-syrya-i-texn-zatraty.html>.

Надійшла до редколегії 14.04.2010

УДК 664.1

А.А. Ліпєц, д-р техн. наук
Національний університет
харчових технологій
В.О. Малишев, асп.
Український науково-
дослідний інститут цукрової
промисловості

ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛІТУ- КЛІНОПТИЛОЛІТУ ДЛЯ ДЕАМОНІЗАЦІЇ КОНДЕНСАТІВ СОКОВИХ ПАРІВ

Дослідження показали, що застосування цеоліту кліноптилолітового типу дозволяє ефективно очищати конденсати сокових парів від вмісту аміаку, що дає можливість використовувати їх в якості екстрагента на дифузії, тим самим підвищуючи якість дифузійного соку та зменшуючи витрати води. Визначені параметри взаємодії конденсатів з цеолітом та спосіб регенерації.

Ключові слова: аміак, деамонізація, природні цеоліти, кліноптилоліт, іонообмін, регенерація.

Researches have shown that use of zeolite klinoptylolit allows to clear effectively condensates juice pairs of ammonia that allows to use them as a extragent on diffusion. It results in increase in quality diffusions juice and to reduction of the use of water.

Parameters of interaction condensates with zeolite and the way of regeneration are determined

Key words: ammonia, unammoniation, natural zeolites, klinoptylolit, an exchange of ions, regeneration

На сьогодні актуальним є питання про все більше скорочення витрати води для технічних потреб при одночасному зниженні до мінімуму кількості стічних вод за рахунок організації на підприємствах оборотного водопостачання. [7]

Одним з шляхів, який направлений на вирішення цієї задачі, є скорочення споживання свіжої води на технологічні потреби і створення замкнутого циклу водопостачання, зокрема зниження витрат барометричної води для дифузійного процесу за рахунок використання аміачних конденсатів і всієї жомопресової води. [1]

При розробці методів очистки оборотних вод необхідно враховувати крім їх економічної ефективності той факт, щоб використання води для технологічних цілей, очищеної запропонованим способом, не знижувало якості продуктів бурякоцукрового виробництва.

Технологічні засоби, що застосовуються в наш час для підкислення аміачних конденсатів і барометричної води, використовуються в якості екстрагуючої речовини, дозволяють забезпечити значення рН, яке необхідне для проведення дифузійного процесу. Проте з барометричною водою до дифузійного соку вводяться додаткові нецукри, які обумовлюють збільшення його мінералізації. Крім того, з підкисленою барометричною водою чи підкисленими аміачними конденсатами в сік потрапляє додаткова кількість аміаку. Підкислення цих вод також до оптимального значення рН не звільняє аміачні конденсати від аміаку, який є реакційноздатним реагентом в процесі очищення, і може привести до небажаних наслідків при здійсненні наступних технологічних процесів.

Тому схема підготовки живильної води для дифузійної установки повинна забезпечити отримання води з мінімальною мінералізацією, і зокрема з мінімальним вмістом аміаку в ній. [5]

Використання деамонізованої води забезпечує отримання продуктів бурякоцукрового виробництва кращої якості в порівнянні з використанням баромет-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

ричної води, так як деамонізована вода не є джерелом внесення додаткових нецукрів в дифузійну установку. Крім того, у випадку використання для живлення дифузійної установки деамонізованих аміачних конденсатів виключається одне із джерел мікробіологічного зараження. Таке використання деамонізованих аміачних конденсатів дозволяє також більш раціонально використовувати побічні продукти на цукровому заводі і впорядкувати схему водовикористання за рахунок скорочення витрат природної води на технологічні потреби.

Таким чином, використання аміачних конденсатів для процесу екстракції сахарози з бурякової стружки має ряд переваг в порівнянні з барометричною водою; має важливе наукове і практичне значення, так як дозволяє інтенсифікувати технологічні процеси, покращити якість продуктів, підвищити вихід цукру за рахунок зниження його вмісту в мелясі, а також знизити витрати тепла на підігрів води для дифузії. Проте для можливості використання лужних аміачних конденсатів необхідно звільнити їх від аміака і довести до слабкокіислого середовища з необхідним по технологічному режиму значенням рН 6,0–6,4.

Існуючі методи деамонізації конденсатів не завжди задовольняють вимоги цукрових заводів щодо енергозатратності, громіздкості чи складності технологічного оформлення, та їх підготовки. Тому шукаючи шляхи більш ефективного способу деамонізації конденсатів нами було досліджено доцільність використання природного мінералу цеоліту типу кліноптилоліту для деамонізації аміачних конденсатів.

Цеоліти складають великий клас адсорбентів, пориста структура яких визначається цеолітними каналами молекулярних розмірів [4]. Вони здатні адсорбувати лише окремі молекули, які ніби «просіюються» крізь мереживну структуру цеоліту. У зв'язку з цим цеоліти характеризуються не питомою поверхнею пор, а їх об'ємним заповненням адсорбатом (0,2–0,25 см³/г). Їх насипна густина становить 600–800 кг/м³.

Структура цеоліту побудована з кремнистих тетраедрів та алюмокислих октаедрів, які при об'єднанні в різні структури утворюють цілу низку різноманітних мінералів.

Поєднуючись одна з одною, такі елементарні структури утворюють відповідні шари, стрічки чи об'ємні утворення, що подібні до карткових будиночків. Іони Si⁴⁺ і Al³⁺, що розташовані в центрі тетраедрів чи октаедрів, можуть ізоморфно розміщуватися іонами менших зарядів Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺ та ін. Нестача негативного заряду в ґратках може компенсуватися одно- та двозарядними іонами, що розташовані між структурними шарами. Це так звані обмінні іони, які у водному середовищі легко гідратуються і здатні до обміну. Внаслідок цього всі цеоліти є добрими іонообмінниками. Існування на поверхні цеолітів «килиму» з атомів кисню робить їх ефективними адсорбентами за рахунок утворення водневих зв'язків з адсорбованими молекулами. [8]

Розмір кристалів мінералів дуже малий і коливається від 3·10⁻⁷ до 1·10⁵ см, тому вони відносяться до групи кристалітів. Ці кристали з'єднуються в криптоструктуру. Один кристал може мати різні за властивостями поверхні — дві зовні і одну всередині кристалу. Зовнішньою можуть бути базальні поверхні (поверхня 2-го роду) і поверхні сколу (поверхня 1-го роду), а внутрішньою — базальні поверхні окремих пакетів (поверхня 3-го роду), тобто ті ж базальні поверхні, що і поверхні 2-го роду, але які знаходяться під впливом сусідніх площин і тому дещо відрізняються по енергетичному стану.

За даними С.П. Жданова зі співавторами [2] невеликі, та сильно взаємодіючі з катіонами молекули аміаку, адсорбуючись на цеоліті при невеликих заповненнях, розташовуються у 8-членних кисневих кільцях. Про це свідчить перш за все той факт, що внутрішньокристалічний простір цеоліта, який містить

2–3 молекули NH_3 на елементарну комірку (молек./ел.ком.), виявляється повністю недоступним для молекул O_2 і CO_2 . Розташовуючись у 8-членних вікон, молекули NH_3 взаємодіють з відносно слабо зв'язаними катіонами Al^{3+} , що обумовлює значно великі теплоти адсорбції цих молекул в області невеликих заповнень. Молекули NH_3 при самих малих заповненнях (2–3 молек./ел.ком.), очевидно, не проникають в кубооктаедри, а розташовуються в 8-членних вікнах, роблячи їх недоступними для інших адсорбатів. В той же час рентгеноструктурні дані [2] показують, що при високих заповненнях в кубооктаедричні порожнини може проникати деяка кількість молекул NH_3 . Згідно цим даним, в цеоліті, який адсорбував 32 молек./ел.ком. при 28 °С, 8 молекул займають позиції в кубооктаедрі на потрійній вісі іонів Al^{3+} , а 4 інші молекули зв'язані з ними водневими зв'язками і займають центральну частину кубооктаедра. Проте 12 молекул NH_3 не можуть розміститися в одному кубооктаедрі через симетрію, хоч сама можливість проникнення молекул аміаку в кубооктаедри цеоліта при адсорбції, очевидно, сумнівів не викликає.

Знайдено [6] також дві кристалографічно різні позиції молекул NH_3 у великих порожнинах. 8 молекул аміаку розташовуються поблизу іонів Al^{3+} , які займають позиції з боку великої порожнини, і 12 молекул зв'язані з ними водневими зв'язками і координують катіони Al^{3+} . При порівняно невеликих заповненнях (8 молек./ел.ком.) молекули NH_3 переважно не займають яких-небудь адсорбційних центрів.

В той же час на ізотермі теплоти адсорбції аміаку при 30 °С виявляється виразно виражена ступінь, що свідчить про наявність двох типів адсорбційних центрів, які сильно різняться по енергії взаємодії з молекулами аміаку. При цьому спостерігається безсумнівна схожість характеру теплот адсорбції NH_3 в області одних і тих же заповнень.

Сорбція з водних розчинів полярними адсорбентами збільшується зі зменшенням полярності і розгалуженням молекул адсорбенту, зі зниженням розчинності речовини.

Відомо, що кліноптилоліт проявляє селективні властивості до аміаку в присутності іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Тому нами були проведені дослідження по вилученню аміаку з конденсатів випарної установки.

Для одержання аналітичного ряду даних по вилученню аміаку з аміачних конденсатів нами була проведена серія дослідів. Для цього брали аміачні конденсати з вмістом 200 мг/л, цеоліт, який використовували як адсорбент був кліноптилоліт. Тривалість проведення адсорбції складала 2, 4, 6 хв, температура конденсатів становила 85–90 °С. Деамонізацію шляхом пропускання конденсату через шар кліноптилоліту завантаженого в циліндричну колону проводили прямоютоком.

Результати дослідів по вилученню аміаку з конденсатів в залежності від тривалості процесу адсорбції представлені на рисунку 1. З них видно, що при збільшенні тривалості процесу, більше двох хвилин, ступінь вилучення аміаку збільшується незначно, тому згідно з принципом максимальної швидкості проведення технологічного процесу слід обрати час контакту адсорбенту кліноптилоліту з аміачними конденсатами 2 хв, що призведе до збільшення продуктивності адсорбційної колони.

Слід зазначити, що кліноптилоліт є гідрофільним адсорбентом і при пропусканні проби вперше в кількості 100 мл, на виході з колони ми одержали розчин в кількості 80 мл. При наступному ж пропусканні проб через колону початковий і кінцевий об'єм проби складав 80 мл. Ці дані свідчать про те, що цеоліт спочатку гідратується, забираючи з розчину 20 % води і вже в гідратованому стані продовжує діяти як ефективний адсорбент.

Так як міра сорбції кліноптилоліта оптимальна при температурі 80–90 °С [9], то взаємодія з конденсатами сокових парів що має таку, або близьку до неї, температуру не потребує додаткових витрат енергії, для підігріву, та додаткових витрат часу.

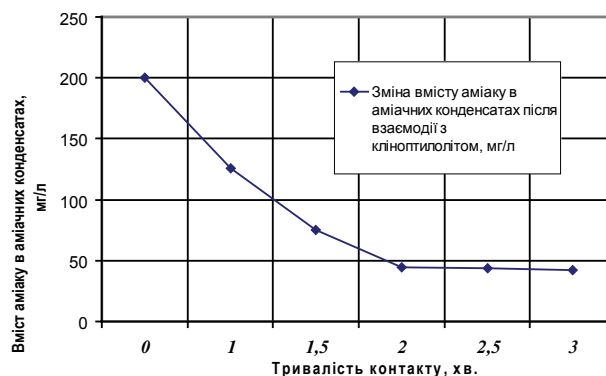


Рис. 1. Динаміка зміни вмісту аміаку в конденсатах сокових парів, при взаємодії з кліноптилолітом зі зміною часу іонообміну

Після перевірки нами можливості ефективно видаляти аміак кліноптилолітом, визначення часу ефективного контакту системи, вивчали ступінь сорбції аміаку.

Для вивчення ступеня сорбції аміаку кліноптилолітом, через кілька об'ємів кліноптилоліту пропускали ряд порцій модельних розчинів, імітуючих конденсати сокових парів.

При проведенні процесу адсорбції аміаку має місце значний ступінь вилучення його з аміачних конденсатів при пропусканні перших порцій, проте надалі він знижується і високий ефект втрачається. Так як початковий вміст аміаку в розчині складав 200 мг/л, то одна порція сорбенту забезпечує вилучення в середньому по всьому пропущеному об'ємі конденсатів на 42,26 %, тобто до 86,62 мг/л залишкового вмісту аміаку в конденсатах. Такий вміст аміаку є ще достатньо великий для того, щоб використовувати деамонізовані конденсати в якості живильної води для дифузійної установки, оскільки має рН 7,9. Тому нами були проведені серії дослідів з використанням для деамонізації конденсатів не однієї, а двох, трьох і чотирьох порцій кліноптилоліту.

Конденсати сокових парів пропускали послідовно, через чотири вертикальні колони, які завантажені цеолітом-кліноптилолітом із розрахунку по одному об'єму конденсату в колоні на один об'єм цеоліта. Один об'єм конденсату проходив через чотири колони-адсорбери за вісім хвилин. Після цього в конденсаті визначали вміст аміаку в мг. на один літр води, і ефект видалення аміаку з конденсатів у відсотках. Результати аналізів після пропускання конденсатів через цеоліт приведені в таблиці.

Пропущено конденсату через 1 г адсорбенту, см ³	Залишковий вміст аміаку в конденсаті, мг/л	Ефект видалення аміаку, %	Залишковий вміст аміаку в конденсаті, мг/л	Ефект видалення аміаку, %	Залишковий вміст аміаку в конденсаті, мг/л	Ефект видалення аміаку, %	Залишковий вміст аміаку в конденсаті, мг/л	Ефект видалення аміаку, %
	Після першого ступеня		Після другого ступеня		Після третього ступеня		Після четвертого ступеня	
5	45,9	77,05	20,1	89,95	9,5	95,25	4,8	97,60
10	55,1	72,45	31,6	84,20	19,7	90,15	10,2	94,90
15	65,6	67,20	39,4	80,30	27,2	86,40	15,6	92,20
20	80,6	59,70	57,5	71,25	37,1	81,45	24,8	87,60
25	104,4	47,80	86,9	56,55	51,3	74,35	29,6	85,20
30	120,4	39,80	107,8	46,10	62,9	68,55	35,4	82,30
35	191,4	4,30	176,8	11,60	75,5	62,25	41,8	79,10

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Отримані результати показують, що ступінь вилучення аміаку після четвертої колони досягається 97,60 %, при проходженні п'яти порцій конденсату. В середньому ж по всіх 35-ти пробах аміаку чотирьма колонами вилучається до 88,4 %, тобто залишковий вміст аміаку в деамонізованих конденсатах складає 23,2 мг/л. За такого вмісту аміаку рН деамонізованих конденсатів складає 6,3, а з таким параметром їх можна направляти на живлення дифузійних установок.

Перша порція кліноптилоліту, при проходженні 35-ти порцій конденсатів сокових парів насичується аміаком, тому подальша деамонізація конденсатів сокових парів через шар цеоліта недоцільна. Цеоліт потрібно направляти на регенерацію.

Регенерація адсорбента проводиться соком II сатурації, при температурі 90-95 °С, за тривалості контакту соку з цеолітом 2 хв. При чому одночасно з регенерацією одного об'єму цеоліту відбувається декальцинація 16-ти об'ємів соку II сатурації [3]. Регенерація відбувається за рахунок іонообмінної адсорбції — іон аміаку замінюється на іон кальцію. Регенерацію кліноптилоліту проводили до тих пір, поки цеоліт, вже в амонійній формі, втратить здатність до іонообміну з іонами кальцію. Для досягнення повної регенерації чотирьох об'ємів цеоліту в аміачній формі необхідна взаємодія 35 об'ємів соку II сатурації.

Висновки. Таким чином, застосування способу деамонізації конденсатів сокових парів кліноптилолітом, дозволяє досягти значного видалення іонів аміаку при порівняно невисоких матеріальних затратах, та отримати живильну воду високої якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голубева А.Д., Захаров К.П. и др. Новый способ подготовки воды для процесса диффузии. Обзорная информация. Серия: Сахарная промышленность. М., 1978 г.
2. Жданов С. П., Хвоцев С.С., Самулевич Н.Н. Синтетические цеолиты. М.: Химия, 1981.1.
3. Ліпець А.А., Малишев В.О. Використання природних цеолітів типу кліноптилоліт для декальцинації очищеного соку перед випарною установкою // Наукові праці НУХТ. — 2009. — № 28. — С. 41-43.
4. Манк В.В. Колоїдна хімія. К.: УДУХТ, 1999р.
5. Олейник И.А. Интенсификация процесса подготовки воды для диффузионных аппаратов в сахарной промышленности. Обзор. М. ЦНИИТЭИпищепром, 1984 г.
6. Поляков В.Е., Тарасевич Ю.И., Медведев М.И. и др. Ионнообменная сорбция аммония и калия клиноптилолитом и разработка технологии их извлечения из сточных вод. Химия и технология воды. 1979 №2.
7. Проскуряков. В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. Л.: Химия, 1977г
8. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Иониты и ионный обмен. М., 1966г
9. Химия промышленных сточных вод. Пер. с англ. // Под ред. А. Рубина. — М.: Химия, 1983. — 359 с.

Надійшла до редколегії 01.02.10

УДК 664.1.034

Н.А. Гусятинська, д-р техн. наук
А.А. Ліпєц, д-р техн. наук
Є.С. Богданов, канд. техн. наук
Д.В. Братюк
О.В. Адаменко
Національний університет
харчових технологій

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВИХ ХІМІЧНИХ РЕАГЕНТІВ ПІД ЧАС ПОПЕРЕДНЬОГО ВАПНУВАННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ

Обґрунтовано механізм взаємодії пектинових речовин з катіонними коагулянтами та флокулянтами. Визначено ефективність застосування солей алюмінію та ПГМГ під час очищення дифузійного соку.

Ключові слова: дифузійний сік, коагулянт, флокулянт, очищення

Efficiency of coagulant hydroxosulfate of aluminium for the purification of diffusion juice is determined. The rational routine of defecation of the diffusion juice with the use of coagulant has been determined.

Key words: diffusion juice, coagulant, flocculant, purification

Для забезпечення високої якості цукру-піску необхідно приділяти велику увагу ефективності очищення дифузійного соку, особливо у разі погіршення технологічних показників цукрових буряків [1]. При вапняно-вуглекислотному очищенні важливо отримати сатураційні осади з відповідними седиментаційно-фільтраційними властивостями та забезпечити високу якість очищеного соку. Це завдання в значній мірі залежить від проведення процесу попереднього вапнування, оскільки для забезпечення високого ефекту очищення необхідне не лише максимальне видалення з дифузійного соку розчинних нецукрів, а й отримання дегідратованого, щільного осаду, який в подальшому, за умови дії високих температур та лужності, зберігає свою стійкість та не погіршує умови фільтрування [2, 3].

Відомо [2], що одним з основних критеріїв оцінки ефективності попереднього вапнування є ступінь видалення високомолекулярних сполук (ВМС) з дифузійного соку. Лише невелика частина цих речовин гідрофобна і досить легко може коагулювати під час попереднього вапнування з утворенням дрібнодисперсного осаду. Більшість нецукрів дифузійного соку, а саме білки, пектинові речовини, сапонін, арабан, галактан та інші відзначаються великою гідрофільністю. Вони мають сильно розвинену гідратну оболонку, тобто вкриті шаром адсорбованих молекул води, що зумовлює їх агрегативну стійкість [4]. Коагуляція таких речовин відбувається значно важче, а осад, що утворився має драглисту структуру, займає більший об'єм та досить легко пептизується в умовах основного вапнування. Оскільки більша частина гідрофільних сполук, в результаті неповної коагуляції, все ж залишаються в соку, то в наступних стадіях очищення вони підвищують в'язкість та забарвленість продуктів, збільшують спінювання.

Літературні джерела [3, 4] вказують на те, що збільшення ефекту видалення ВМС та РКД, підвищення седиментаційно-фільтраційних властивостей соку попереднього вапнування та соку I сатурації, а також підвищення показників якості соку II сатурації, можна досягти використовуючи додаткові реагенти – коагулянти або флокулянти. Для осадження ВМС, в т.ч. пектинових речовин, макромолекули яких мають від'ємний заряд, найбільшу ефективність слід очікувати від застосування коагулянтів — полікатионітів, зокрема солей алюмінію та полігуанідинів.

Метою наших досліджень є обґрунтування ефективності застосування додаткових хімічних реагентів — коагулянту чи катіонного флокулянту під час попереднього вапнування з метою підвищення ефекту очищення соку, а також покращення фільтраційно-седиментаційних властивостей осаду.

© Н.А. Гусятинська, А.А. Ліпєц, Є.С. Богданов, Д.В. Братюк, О.В. Адаменко, 2010

Сучасні методи комп'ютерного моделювання дозволяють прогнозувати ефективність застосування хімічних реагентів на основі вивчення механізму взаємодії нецукрів дифузійного соку під час різних стадій очищення, тобто за відповідних умов та основних хімічних реакцій. Оскільки пектинові речовини в значній мірі визначають структуру осаду нецукрів та його властивості, тому нами проведено моделювання механізму взаємодії макромолекул пектину з катіонами кальцію, аквагідроксокомплексу алюмінію та полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) із застосуванням комп'ютерної програми HyperChem. Під час комп'ютерного моделювання хімічної взаємодії, як і зазвичай при моделюванні, використовують спрощений механізм. Зокрема, в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки у дифузійному соку накопичуються пектинові речовини з різною молекулярною масою та хімічною структурою внаслідок деметоксилювання та розриву полімерного ланцюга макромолекул пектинових речовин з утворенням продуктів деструкції. Необхідно проте зазначити, що у водному розчині, незалежно від структури та хімічного складу, молекули пектинових речовин набувають негативного заряду. Тому для моделювання були обрані ланцюги молекули пектину, які складаються з 12 ланок. Після оптимізації відповідної системи (рис. 1), спостерігається зміна конформації макромолекул пектину із згортанням до компактної глобули.

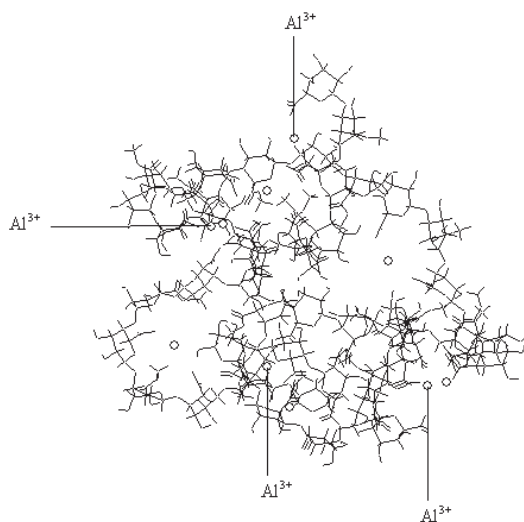


Рис. 1. Система, що складається з 4 молекул пектину ($n=12$), 6 катіонів кальцію та 4 катіонів алюмінію після взаємодії

сорбуються дискретно на різних активних ділянках поверхні міцелярних агрегатів, внаслідок чого утворюється мозаїчна структура зарядженої поверхні, на якій можлива сорбція інших іонів неорганічних та органічних сполук. Отже, застосування коагулянту на основі солей алюмінію в процесі попереднього вапнування сприяє ефективному осадженню ВМС дифузійного соку з утворенням більш щільних агрегатів-пластівців осаду.

Дія полімерного реагенту на основі полігексаметиленгуанідину обумовлена його структурою та хімічною будовою. Зокрема, полімер полігексаметиленгуанідину гідрохлорид являє собою послідовність повторень ланок будови [7]:



Коагуляційні властивості основного сульфату алюмінію зумовлені його здатністю при гідролізі утворювати поліядерні аквагідроксокомплекси, що мають високий позитивний заряд: $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_8(\text{OH})_2]^{4+}$, $[\text{Al}_6(\text{H}_2\text{O})_{12}(\text{OH})_{12}]^{6+}$ [7]. При застосуванні, окрім гідроксиду кальцію, для очищення дифузійного соку коагулянту основного сульфату алюмінію спостерігається хімічна коагуляція внаслідок взаємодії високомолекулярних сполук — пектинових речовин з катіонами кальцію та алюмінію. За рахунок нейтралізаційної коагуляції речовин колоїдної дисперсності на стадії попереднього вапнування відбувається утворення великих агрегатів-пластівців, що формують осад. Аквагідроксокомплекси

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Число ланок в одній полімерній молекулі складає від 2–3 до 50–60 залежно від способу одержання. В якості аніонної складової застосовують хлорид-іон, фосфат-іон та аніони інших кислот як неорганічних, так і органічних. При дисоціації макромолекули у водному розчині утворюється позитивно заряджений катіон ПГМГ за рахунок присутніх груп $\text{C}=\text{NH}_2^+$.

Моделювання системи проводили як за наявності катіонів кальцію, так і за їх відсутності. При введенні до системи, що складається з молекули пектину ($n = 48$, ступінь етерифікації — 50 %), двох молекул ПГМГХ ($n = 18$) спостерігається взаємодія, яка призводить до обмеження обертання ланок макромолекул пектину внаслідок їх зшивання з ПГМГХ з утворенням розпушених клубків.

Моделювання взаємодії ПГМГ з пектиновими речовинами за наявності в системі катіонів кальцію (рис. 2) свідчить, що іони кальцію через більшу рухливість витісняють катіонні залишки ПГМГХ, внаслідок чого в макромолекулі ПГМГХ залишаються вільні катіонні групи, які взаємодіють з різними макромолекулами пектинових речовин, утворюючи між ними «містки». При цьому зв'язок макромолекул пектинових речовин відбувається через макромолекули ПГМГХ з утворенням об'ємного осаду.

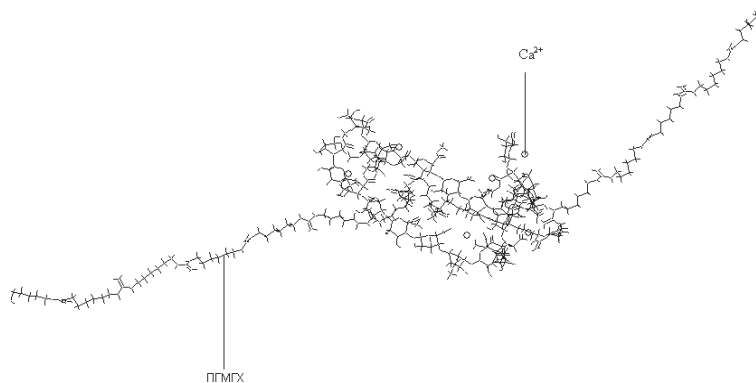


Рис. 2. Система, що складається з 2 макромолекул пектину ($n=12$), 4 катіонів кальцію, 2 катіонів алюмінію та 1 макромолекули ПГМГ після взаємодії

Згідно типового способу, при проведенні попереднього вапнування передбачається поступове підвищення лужності та рН соку [1]. При цьому поступово створюються умови осадження для різних груп нецукрів. Найбільш повне видалення нецукрів досягається, якщо при прогресивному підлужуванні в інтервалі рН₂₀ 8,5...10 здійснюється рН-пауза, необхідна для створення зони стабілізації гідрофільних речовин колоїдної дисперсності — так званого «стабілізаційного ефекту», який полягає у неповній дегідратації часток нецукрів та збільшенні від'ємного заряду поліелектролітів кислотного характеру у зв'язку з посиленням дисоціації карбоксильних груп [2, 5]. Застосування катіонного полімерного флокулянту найбільш доцільним є в процесі попереднього вапнування в стадії утворення міцел кальцієвих солей пектинових речовин, що забезпечить одержання часточок осаду більших розмірів за рахунок їх зв'язування з утворенням розгалуженої структури, що забезпечить його добре відстоювання та фільтрування.

Отже, на основі комп'ютерного моделювання можна зробити висновок про доцільність застосування коагулянтів (солей алюмінію) та катіонних флокулянтів, зокрема на основі ПГМГ, для кращого видалення високомолекулярних нецукрів в процесі попереднього вапнування дифузійного соку.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Для експериментальних досліджень використовували наступні реагенти: сульфат алюмінію, основний сульфату алюмінію, основний хлорид алюмінію («Полвак-40», «Полвак-68»), полігексаметиленгуанідину гідрохлорид («Біодез»).

Дослідження проводили в лабораторних умовах наступним чином: дифузійний сік з температурою 60...65 °С обробляли гідроксидом кальцію до значення pH_{20} 8,5...9,5, після чого вводили відповідний додатковий реагент. Після попереднього вапнування частину соку фільтрували та визначали у фільтраті забарвленість, вміст білків, цукрози та сухих речовин.

Аналіз результатів досліджень (табл. 1) свідчить про ефективність застосування додаткових катіонних реагентів в процесі попереднього вапнування дифузійного соку. Так, у разі введення коагулянтів — солей алюмінію та флокулянту ПГМГХ («Біодез») спостерігається більш повне осадження білків та барвних речовин, що сприяє підвищенню чистоти соку попереднього вапнування.

Таблиця 1. Технологічні показники соку попереднього вапнування

Реагент	Показники			
	Витрати реагенту, % до м.с.	Чистота, %	Забарвленість соку, од. опт. густ. ICUMSA	Вміст білків, % на 100 г СР
Сульфат алюмінію	0,02	88,65	625,7	0,37
	0,04	88,84	600,7	0,35
	0,06	89,21	575,9	0,33
ОСА	0,02	89,02	581,7	0,34
	0,04	89,26	502,1	0,32
	0,06	89,35	496,8	0,31
Полвак-40	0,02	88,86	672,4	0,34
	0,04	89,12	615,7	0,32
Полвак-68	0,02	88,94	620,4	0,34
	0,04	89,16	592,6	0,31
Біодез	0,004	88,85	763,8	0,33
	0,006	89,14	710,8	0,3
Контроль	—	88,24	870,6	0,44

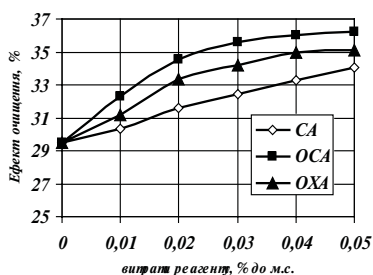


Рис. 3. Залежність ефекту вапняно-вуглекислотного очищення соку від витрат додаткового реагенту під час попереднього вапнування, де відповідно: СА — сульфат алюмінію; ОСА — основний сульфат алюмінію; ОХА — основний хлорид алюмінію.

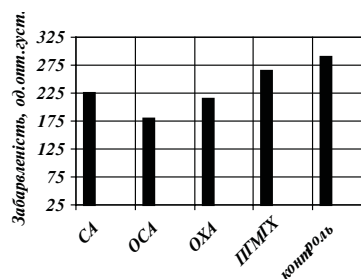


Рис. 4. Усереднені показники забарвленості очищеного соку у разі застосування додаткових реагентів для очищення дифузійного соку під час попереднього вапнування, де відповідно: СА — сульфат алюмінію у кількості 0,04 %; ОСА — основний сульфат алюмінію (0,04 %); ОХА — основний хлорид алюмінію (0,04 %); ПГМГХ — (0,006 %).

Подальші основні стадії очищення соку проводили згідно типового способу із загальними витратами СаО (% до маси буряків) — 100 % до маси нецукрів

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

дифузійного соку. На рис. 3–4 наведені результати досліджень технологічних показників очищеного соку (для дифузійного соку з вмістом сухих речовин 14,8 %, цукрози 12,8 % та чистотою 86,4 %).

На основі аналізу результатів експериментальних досліджень необхідно відзначити, що застосування додаткових хімічних реагентів на стадії попереднього вапнування дифузійного соку сприяє покращенню технологічних показників очищеного соку. Так, спостерігається зменшення забарвленості очищеного соку на 20...35 %, підвищення чистоти соку на 0,6...1,0 од. порівняно з типовим способом очищення.

Слід відмітити, що найбільш перспективним є застосування основного сульфату алюмінію у кількості 0,02–0,04 % до маси соку [9], оскільки основні солі алюмінію (гідроксохлорид, гідроксосульфат) мають кращу адсорбційну здатність порівняно зі сульфатом алюмінію, за рахунок більш повного перебігу гідролізу при збільшенні їх основності та зміщенні рН в лужне середовище [8].

Висновки. 1. Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність застосування додаткових реагентів під час попереднього вапнування з метою підвищення ефекту очищення дифузійного соку. Застосування основних солей алюмінію є більш перспективним порівняно зі сульфатом алюмінію, оскільки в результаті збільшення співвідношення OH^- та Al^{3+} у розчині утворюються полікатиони з вищою позитивною валентністю, що передбачає менші витрати додаткового реагенту при очищенні дифузійного соку. На стадії попереднього вапнування за рахунок нейтралізаційної коагуляції високомолекулярних сполук відбувається утворення крупних агрегатів-пластівців, що формують осад. Отже, використання основного сульфату алюмінію дозволяє досягти кращих результатів як з точки зору чистоти, так і забарвленості очищеного соку.

2. Застосування катіонного флокулянту на основі ПГМГ найбільш доцільним є в процесі попереднього вапнування в стадії утворення міцел кальцієвих солей пектинових речовин, що забезпечить одержання часточок осаду більших розмірів за рахунок їх зв'язування з утворенням розгалуженої структури, що забезпечить його добре відстоювання та фільтрування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. — М.: Агропромиздат, 1986. — 431с.
2. Рева Л.П. Коагуляция белков и продуктов их деструкции на преддефекции / Л.П. Рева, Г.А. Симахина, В.М. Логвин // Сахарная промышленность. — 1985. — № 3. — С. 25–27
3. Олянская С.П. Высокоэффективная технология очистки сока и получения белково-витаминных концентратов: монография. — К.: НУПТ, 2005. — 373 с.
4. Бобровник Л. Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве. — Киев: Вища школа, 1994. — 255с.
5. Рева Л.П. Використання активованої кремнієвої кислоти для додаткового очищення дифузійного соку / Л.П. Рева, Н.М. Пушанко, С.А. Замура // Цукор України. — 2008. — №3. — С. 11–15
6. Матиящук О.В. Удосконалення способу проведення попередньої дефекації із застосуванням флокулянтів / О.В. Матиящук, Л.М. Хомічак, А.К. Запольський // Цукор України. — 2005. — № 4. — С. 25–27
7. Гусятинская Н.А. Использование коагулянтов для повышения качества диффузионного сока / Н.А. Гусятинская, А.А. Липец // Сахар. — 2005. — № 5. — С. 37–40
8. Запольский А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды / А.К. Запольский, А.А. Баран / — Л.: Химия, 1987. — 208 с.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

9. Пат. №42418, МПК(2009) C13D3/00. Спосіб очищення дифузійного соку / Ліпец А.А., Гусятинська Н.А., Гусятинський М.В., Братюк Д.В.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій, заявл. 25.11.2008; Опубл. 10.07.2009, Бюл. №13.

Надійшла до редколегії 26.01.10

УДК 663.14.031.234

*М.В. Карпуніна, канд. техн. наук
З.М. Романова, канд. техн. наук
О.П. Вітряк, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій*

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ БРАЖКИ У СПИРТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Проаналізовано способи підвищення ефективності процесу приготування бражки у спиртовому виробництві. Доведено доцільність застосування ультразвуку в технології сумісного оцукрення та зброджування сусла з крохмалевмісної сировини

Ключові слова: *ультразвук, термоферментативна обробка, крохмалевмісна сировина.*

The methods of increase of efficiency of process of preparation of spirit mash are analysed in an alcoholic production. Expedience of application an ultrasound is well-proven in technology of compatible enzymic hydrolysis and attenuation of wort from raw material which contains starch.

Key words: *ultrasound, thermo and enzyme are processing, material, which contain starch.*

В останні роки зусилля вчених та спеціалістів, які переробляють крохмалевмісну сировину, сконцентровані перш за все на пошуках раціональних способів та режимів отримання та зброджування сусла.

При цьому увага приділяється як можливим шляхам скорочення процесів приготування сусла, дріжджегенерації та бродіння, так і технологічним прийомам, які б дозволили покращити якісні показники сусла та бражки. Вчені доводять, наприклад, доцільність використання в технології приготування сусла механічного гідроподрібнення рослинної сировини апаратами роторно-пульсаційного типу [1]. Зокрема, це пов'язано з тим, що існуючі методи сухого подрібнення зерна, які застосовуються в спиртовій галузі, не завжди дозволяють досягти стабільних та тонких помелів, що є причиною гетерогенності отриманих замісів, і відповідно, однією з причин високої контамінації зброджуваного середовища. Застосування гідрокавітаційної гомогенізації водно-зернових мас дозволяє підвищити ефективність теплової та хімічної деконтамінації.

З метою усунення недоліків сучасної технології низькотемпературного розварювання крохмалевмісної сировини (підвищені вимоги щодо мікробіологічної чистоти зернової сировини, труднощі в отриманні однорідного тонкого помелу, використання недешевих концентрованих ферментних препаратів) вчені рекомендують проваджувати у спиртовому виробництві додаткову стадію — високотемпературну обробку зерна ІК — нагрівом [2]; використання антимікробних з'єднань на стадії розварювання [3]; оцукрення та зброджування сировини в одну стадію з використанням змішаної культури гриба *Asp. awamori* та дріжджів *Sacch. cerevisiae* [4]; ультразвукову обробку засівних дріжджів, яка дозволяє активізувати фізіологічний стан клітин, а також збагатити живильні середовища біологічно активними речовинами дріжджових екстрактів [5].

Сьогодні найбільш перспективною технологією приготування бражки з крохмалевмісної сировини є технологія сумісного оцукрення та зброджування сусла, отриманого методом гідроферментативної обробки замісу, яка може бути удосконалена шляхом впровадження методу ультразвукової обробки замісу з крохмалевмісної сировини.

Метою даних наукових досліджень було вивчення перебігу процесу бродіння та показників бражки в технології низькотемпературного розварювання із

© М.В. Карпуніна, З.М. Романова, О.П. Вітряк, 2009

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

суміщенням процесів оцукрення та зброджування сусла, отриманого із зерна кукурудзи при застосуванні обробки замісу ультразвуком частотою 44 кГц та інтенсивністю 1,2 Вт/см² протягом 10–15 хв. Для розрідження замісу та оцукрення сусла застосовували концентровані ферментні препарати Термаміл SC та Сан-Супер 240L відповідно, які вносили в середовище в кількості 80–100 % від нормативної кількості; зброджування сусла здійснювали осмофільними дріжджами раси ДТ-05.

В результаті проведених досліджень встановлено, що вміст розчинних зброджувальних цукрів в неоцукреному суслі, одержаному з передньою обробкою замісу ультразвуком протягом 10–15 хв збільшується на 14–16 % у порівнянні з контролем — суслим, отриманим із замісу, не обробленого ультразвуком. Такий результат цілком закономірний, адже ультразвукові хвилі на частотах 20 кГц та вище з інтенсивністю більше ніж 0,5 Вт/см² здатні спричинити руйнування біо-полімерних молекул та інтенсифікувати процеси гідролізу складових силовини.

Результати даних наукових досліджень також свідчать, що обробка замісу ультразвуком сприяє накопиченню не лише розчинних зброджувальних вуглеводів в суслі, а й інтенсифікує процес бродіння, що обумовлено збагаченням сусла продуктами гідролізу білкових речовин, не крохмальних полісахаридів. Ультразвук дозволяє підвищити ефективність застосування дріжджовою клітиною усіх високомолекулярних сполук зернівки завдяки переведенню їх у розчинний стан.

В таблиці 1 представлена динаміка накопичення CO₂ в бражках, отриманих із замісу, обробленого ультразвуком. Як свідчать отримані дані процес бродіння в дослідних бражках, проходить інтенсивніше ніж у контролі (зразок 1) і закінчується приблизно на 2–5 годин раніше. Крім того, зменшення кількості внесених ферментних препаратів на 20 % від нормованої кількості в дослідних зразках (№ 3, 4, 5) практично не впливає на інтенсивність процесу бродіння.

Таблиця 1. Динаміка накопичення CO₂ в бражках, отриманих із замісу, обробленого ультразвуком

№ пор.	Тривалість обробки сусла ультразвуком, хв.	Вміст ферментного препарату, % від нормативної кількості		Вага CO ₂ , яке виділяється під час бродіння, г		
		Термаміл SC	Сан-Супер 240L	24	48	72
1к	-	100	100	10,7	5,6	0,7
2	15	100	100	14,8	4,0	0,1
3	15	80	100	12,8	4,9	0,2
4	15	100	80	14,1	4,3	0,2
5	15	80	80	12,1	5,2	0,3

В таблиці 2 наведені якісні показники бражок, отриманих при обробці замісу ультразвуком протягом 15 хв із різним вмістом введених ферментних препаратів у порівнянні з контрольним зразком (експеримент № 1к).

Проаналізувавши отримані дані можна зробити висновок, що в оброблених ультразвуком зразках вміст незброджених цукрів в 1,2-1,4 рази менший, ніж у контролі. При цьому також збільшується вміст спирту в бражному дистиляті в середньому на 3 % у порівнянні з контролем.

Слід також зауважити, що загальна кислотність оброблених ультразвуком зразків є дещо меншою, ніж у контролі, що може свідчити про стерилізуючу дію ультразвуку на контамінуючу мікрофлору замісу. Ще роботами Ельпінера І.Є. встановлено, що при під дією ультразвуку підвищується чутливість мікроорганізмів до дезінфікуючих речовин [6].

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

У зв'язку з цим можливо відмітити, що використання ультразвукової обробки середовища у спиртовому виробництві дозволить суттєво знизити концентрацію антисептиків, які вносяться в заміс або сусло для запобігання розвитку сторонньої мікрофлори.

Таблиця 2. Якісні показники бражок, отриманих при обробці замісу ультразвуком

№ пор.	Вміст ферментного препарату, % від нормативної кількості		Якісні показники бражок				
	Терма-міл SC	Сан-Супер 240L	Вміст незброджених цукрів, г/100мл	Вміст нерозчинного крохмалю, г/100 мл	Вміст дійсних сухих речовин, %	Загальна кислотність, град	Вміст спирту в дистиллятах, % об.
1к	100	100	0,35	0,06	2,6	0,6	9,05
2	100	100	0,27	0,05	2,2	0,5	9,45
3	80	100	0,25	0,03	2,4	0,4	9,32
4	100	80	0,28	0,05	2,2	0,5	9,39
5	80	80	0,29	0,06	2,3	0,4	9,25

Висновок. Результати проведених досліджень свідчать про доцільність застосування ультразвуку в технології сумісного оцукрення та зброджування сусла з крохмалевмісної сировини. Застосування ультразвукової обробки замісів сприяє покращенню якісних показників сусла та бражки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сотников В.А., Марченко В.В., Гамаюрова В.С. Пути повышения эффективности деконтаминации зернового сырья методом гидрокавитационной гомогенизации // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 7. — С 39–42.
2. Сумина Л.И., Крикунова Л.Н. Исследование процесса получения сусла из ИК-обработанного зерна ячменя // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2007. — № 4. — С. 18–21.
3. Способ снижения микробной контаминации полупродуктов в спиртовом производстве /Т.А. Ямашев, Н.Н. Симонова, Н.К. Романова, О.А. Решетник. Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2007. — № 3. — С. 10–13.
4. Олейничук А.С., Левандовский Л.В., Ткаченко А.Ф. Технология сбраживания зернового сусла путем прямой ферментации негидрализованного сырья // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2008. — № 1. — С. 30–33.
5. Бодрова О.Ю., Кречетникова А.Н. Ультразвуковая обработка засевных дрожжей в технологии спирта // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2007. — № 3. — С. 26–29.
6. Эльпинер И.Е. Экспериментальные исследования по обеззараживанию воды ультразвуком: Дис...канд. тех. наук. — М., 1959.

Надійшла до колегії 14.12. 2009 р.

УДК 663.543

А.Є. Мелетьєв, д-р техн. наук
З.М. Романова, канд. техн. наук
М.В. Карпуніна, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій

ПІДВИЩЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ТА ПОКРАЩЕННЯ СМАКУ ПИВА

Досліджено особливості технології, органолептичні та аналітичні показники пива з використанням імбиру як нетрадиційної біологічно активної сировини для розширення асортименту напою.

Ключові слова: імбир, сусло, біологічно активні речовини, смак пива.

The Explored particularity technology, organolept, economic factors beer with use of ginger as untraditional biological active cheese for expansion of the assortment of the drink.

Keywords: ginger, mash, biological active material

Пиво — стародавній напій масового споживання, відомий людям вже багато тисяч років. Його по праву можна вважати одним із найважливіших продуктів лікувально-профілактичного призначення, адже до його складу входить цілий комплекс фізіологічно значимих речовин — вітамінів, макро- і мікроелементів, амінокислот, в тому числі незамінних та інших корисних речовин [1]. Їх орієнтовний вміст в 1 л пива з початковою концентрацією сусла 10–11 % наведено у табл. 1.

Пиво не лише вгамовує спрагу, а й підвищує тонус організму, поліпшує обмін речовин і засвоюваність їжі. Отже, використання нових біологічно активних речовин та подальше покращення асортименту пива — особливо актуальне сьогодні, коли внаслідок погіршення екології, збільшення психо-емоційного навантаження знижується рівень здоров'я людей.

Поліпшення складу пива додаванням різноманітних лікарських трав та спецій повинно не тільки посилювати його корисну дію, але при цьому надавати йому нового, більш цікавого смаку і аромату. Удосконалення смаку і аромату продукту є обов'язковою умовою поширення попиту, отже удосконалення і розвитку виробництва цього необхідного продукту, до речі, потужного бюджет наповнюючого, і альтернативного міцним алкогольним напоям.

Проведені авторами попередні дослідження дозволили використати при розробці технології нового пива імбир, як біологічно активну добавку.

Імбир є однією з найвідоміших спецій Сходу, яку людство здавна застосовувало і у пивоварінні. Ця рослина зараз цілком доступна для використання, проте практичних даних щодо її застосування в спеціальній літературі не знайдено.

Результати проведених аналізів показують, що суттєвою перевагою імбиру як біологічно активної добавки (БАД) є зменшення негативної дії спирту, що міститься в пиві, на організм людини. Окрім цього, імбир збагачує пиво великою кількістю корисних компонентів — ефірними оліями, такими як сексвитерпен, гінгерол. До складу гінгеролу входять активні компоненти — ефірні олії камін, феландрин, цитгал, гітерол; смоли: цингерол, парадол, шоагол та ін.

Імбир багатий на вітаміни С, В₁, В₂ і А, а також на солі магнію, фосфору, кальцію, заліза, натрію, калію і цинку.

Імбир містить всі незамінні амінокислоти, включаючи триптофан, треонін, лейцин, метіонін, фенілаланін, валін та і. Всі ці сполуки надають організму антиоксидантні, антимикробні, імуномоделючі, та загальнозміцнюючі властиво-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

сті. Імбир є кращим засобом для виведення шлаків, зміцнює пам'ять і слух, лікує печінку, покращує роботу шлунку, підшлункової залози, посилює апетит, збільшує засвоюваність кисню легенями. Крім того, він є досить потужним афродізаком, тобто посилює статтевий потяг.

Таблиця 1. Вміст біологічно активних речовин у пиві

Назва речовини	Кількість	Властивості
Вітаміни, Мкг Групи В Тіамін(B_1)	10–100	Покращує розумову діяльність, забезпечує нормальну серцеву діяльність, нормалізує виділення кишкового та шлункового соків
Рибофла- він(B_2)	50–100	Регулює обмін амінокислот і жирних кислот, покращує зір
Піридоксин(B_6)	120–1300	Забезпечує нормальний білковий обмін, запобігає запальним процесам шкіри
Фолієва кислота	300–900	Бере участь у кровотворенні, регулює вуглеводний і жировий обмін в організмі
Амінокислоти	85–100	Необхідні для нормального функціонування організму
Пролін, Тирозин,	В незначних кількостях	Необхідні для нормального функціонування організму Входить до складу гормонів, сприяє засвоюванню заліза
Аргінін, аспарагінова кисло- та, ізонейрин, лейцин, трео- нін, трип тофан.		Утворення кров'яних тілець
Мінеральні речовини:		
Мідь	0,1–5	
Залізо	0,1–5	
Магній	0,1–5	Покращення роботи м'язів і нервової системи
Кремнієва кислота	0,2–5	Формування кісток, підтримка їх міцності
Фосфати	0,4–1	Входять до складу м'язових тканин, головного мозку, необхідні для синтезу АТФ

За терапевтичною дією він є потогінним, антитромботичним, знеболювальним засобом, що живить усі тканини. Згідно сучасних досліджень, імбир — сильний антиоксидант, ефективно знижує артеріальний тиск. За кількістю корисних речовин цей цілющий корінь близький до часнику, але не має такого неприємного запаху, а навпаки — має приємний пряний аромат.

Пиво, приготовлене з додаванням імбиру, має дещо нові органолептичні властивості — аромат хмелевого напою гармонійно поєднується з тонкими пряними нотками, а смак набуває незвичної приємної гостроти, що збуджує відчуття рецепторів ротової порожнини.

Сенсорними дослідженнями було встановлено, що оптимальна концентрація імбиру в суслі — 0,05 % (Табл. 2). До того, пиво, отримане з використанням кореню імбиру має не тільки приємний з гостринкою смак, але й колір пшеничний з блиском, характерний для світлого пива смак і аромат з незначним ароматом лайму.

Пиво світле має більший сегмент споживання ніж темне, тому повинно знайти свого споживача.

Нове пиво отримало назву «Імбирне» і має фізико-хімічні показники виведені у Табл. 3. Незважаючи на те, що імбир є досить дорогою добавкою, економічно доцільно його використовувати навіть завдяки присутнім в імбирі пекучим

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

речовинам (гінгеролу) завдяки яким можна знизити витрати дорогого і дефіцитного хмелю [4].

Таблиця 2. Органолептична оцінка свіжого пива при внесенні у сусло імбиру

Концентрація імбиру, %	Кількість імбиру, г/л	Характеристика отриманого напою
0,0125	0,125	Характерний для світлого пива смак і аромат
0,025	0,25	Характерний для світлого пива смак і аромат з незначним ароматом лайму
0,05	0,5	Окрім характерного для світлого пива смаку і аромату, відчувається тонкий аромат імбиру і ледь вловима його пекучість
0,075	0,75	Аромат імбиру дещо сильніший, більш яскраво виражений.
0,1	1	Відчувається характерна імбирна пекучість, сильний аромат імбиру.
0,15	1,5	Аромат імбиру в значній мірі перебиває аромат пива, напій не в міру пекучий.
0,2	2	Аромат імбиру майже повністю перебиває аромат пива, напій занадто пекучий.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники пива

№	Найменування показника	Значення
1	2	3
1	Масова доля сухих речовин у початковому суслі, %	11 ± 0,3
2	Масова доля спирту, не менше, %	3
3	Масова частка діоксиду вуглецю, не менше, %	0,04
4	Кислотність, см ³ розчину 1моль/дм ³ NaOH на 100 см ³ пива	1,8
5	Колір, см ³ розчину 0,1моль/дм ³ йоду на 100 см ³ води	0,4
6	Стійкість пива, не менше, діб	30
7	Зовнішній вигляд	Прозоре, без завислей та осаду, з блиском, світло-коричневого кольору
8	Смак і аромат	Чистий, без сторонніх присмаків, гармонійний смак з приємною хмелевою та імбирною гіркотою, з легким ароматом імбиру
9	Висота піни, не нижче, мм.	30
10	Стійкість піни, не менше, хвилин	3

Пробна партія пива виготовлена на основі технології пива «Світле» Радомисльського пивзаводу. Імбир вносили під час кип'ятіння сусла з хмелем у вигляді подрібненої сировини. Для впровадження розробки потрібно, лише два додаткових малогабаритних апарати типу овочерізка та овочемийки, які встановлюються у варильному відділенні. За основними фізико-хімічними показниками пиво «Імбирне» відповідає показникам ДСТУ-3888-99 [3]. Отримане пиво має: удосконалений оригінальний смак і аромат; покращений склад.

Висновки: Запропоновано використання імбиру як нетрадиційної сировини у пивоварінні, на прикладі сорту пива «Імбирне». Досліджено органолептичні та аналітичні показники отриманого пива.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

ЛІТЕРАТУРА

1. Георгиевский В.П., Комисаренко Н.Ф., Дмитрук С.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1990. — 333 с.
2. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива. — К.: Фірма «Інкос», 2004. — 426 с.
3. ДСТУ 3888–99 Пиво. Загальні технічні умови.
4. ДСТУ 4097.1, 4092.1,–2002 Хміль гіркий. Хміль ароматичний. Загальні технічні умови.
5. Лекарственные растения Украины / Д.С. Ивашин, З.Ф. Катина, И.З. Рыбачук и др. К.: «Урожай», 1971. — 352 с
6. Мелетьев А.С., Тодосійчук С.Р, Кошова В.М. Технохімічний контроль солоду, пива та безалкогольних напоїв: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. — Вінниця, «Нова книга», 2007. — 392 с.

Надійшла до колегії 14.12.2009 р

УДК 759.873.088.5:661.185

А.П. Морозова, асп.
М.Д. Кундєєв, студ.
Т.П. Пирог, д-р біол. наук
Національний університет
харчових технологій

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ВУГЛЕЦЮ ДЛЯ СИНТЕЗУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCUS* *ERYTHROPOLIS* EK-1

Показано можливість використання продуктів переробки основної сировини і відходів різних галузей промисловості (м'яса, рідкі парафіни, гліцерин, відходи оліє-жирових виробництв, пересмажена олія) як дешевих субстратів для синтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) *Rhodococcus erythropolis* EK-1. Найвищі показники синтезу ПАР (умовна концентрація 10,0–21,3) спостерігались за умов росту *R. erythropolis* EK-1 на олієвмісних ростових субстратах.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, біосинтез, відходи виробництв, олієвмісні субстрати.

The possibility to use products of processing of main raw materials and wastes of different industries (molasses, liquid paraffin, glycerol, oil industry wastes and used (fried) oil) as cheap substrates for synthesis of *Rhodococcus erythropolis* EK-1 surface active substances (SAS) was shown. The highest indexes of SAS synthesis (conditional SAS concentration 10.0- 21.3) were determined when *R. erythropolis* EK-1 was grown on oil-containing substances.

Key words: surface active substances, biosynthesis, industrial wastes, oil-containing substrates.

Унікальні властивості мікробних поверхнево-активних речовин (ПАР) забезпечили їхнє використання у різних галузях промисловості замість хімічно синтезованих аналогів. ПАР мікробного походження застосовують у нафтовидобувній, хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості, сільському господарстві і для очищення навколишнього середовища від вуглеводнів і важких металів [6, 7]. Доцільність практичного використання ПАР мікробного походження залежить передусім від економічної ефективності їхнього виробництва. Одним із способів удешевлення технологій мікробних ПАР є використання дешевих ростових субстратів, наприклад відходів інших виробництв [3, 5].

Щорічно у світі виробляються мільйони тон різних шкідливих і нешкідливих відходів. Витрати на їхню переробку та знешкодження займають значне місце у бюджеті підприємств. Проте раціональний підхід до утилізації відходів передбачає їхнє повторне використання та переробку. Одним з ефективних шляхів утилізації промислових відходів є використання їх як джерел вуглецю для процесів мікробного синтезу. Основні дослідження потенційних промислових субстратів для мікробних біотехнологій зосередилися у сфері переробки відходів сільськогосподарських культур, таких як соя, цукровий буряк, картопля, солома та висівки пшениці і рису, лущиння сої, зернових та рису, відходи переробки фруктів, виробництва кави, олій та ін. [4].

На теперішній час одним з найперспективніших субстратів для використання у біотехнологічних процесах є гліцерин — побічний продукт, утворюваний у великих кількостях при виробництві біодизелю з рослинної і тваринної сировини [8]. Так, під час одержання 100 л біодизелю утворюється (як продукт трансетерифікації рослинних олій і тваринних жирів) до 10 л гліцерину [8]. Не-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

можливість використання в інших технологіях такої величезної кількості гліцерину є на теперішній час найважливішим фактором, що стримує виробництво біодизелю у світі.

Мета даної роботи — дослідження можливості використання відходів різних виробництв як дешевих ростових субстратів для синтезу ПАР *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1.

Штам *R. erythropolis* ЕК-1 ізолювано із забруднених нафтою зразків ґрунту [1] і депоновано у Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології НАН України за номером Ас-5017.

Культивування штаму ЕК-1 здійснювали на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): NaNO_3 — 1,3; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; NaCl — 1,0; Na_2HPO_4 — 0,6; KH_2PO_4 — 0,14; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001%; рН 6,8–7,0. Як джерело вуглецю та енергії використовували: відходи оліє-жирових виробництв, використану (пересмажену) соняшникову олію, мелясу, гліцерин, рідкі парафіни і гексадекан (контроль) у концентрації 0,5; 1 та 2 % (об'ємна частка). Як посівний матеріал використовували дводобову культуру, вирощену на глюкозо-картопляному агаризованому середовищі (ГКА) і культуру з експоненційної фази росту (48 год), вирощену на середовищі наведеного складу з 1 % відповідного джерела вуглецю. Кількість інокуляту — 5% від об'єму середовища. Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 28 °С упродовж 168 год.

Поверхневий натяг (σ_s) визначали за допомогою напівавтоматичного тензіометра TD1C LAUDA (Німеччина). Принцип його роботи базується на визначенні сили втягування платинової пластинки, що зумовлена поверхневим натягом рідини. Для оцінки кількісного вмісту ПАР у культуральній рідині використовували показник «умовної концентрації ПАР» (ПАР*). Цей показник визначали як ступінь розведення культуральної рідини в точці різкого збільшення поверхневого натягу на графіку залежності σ_s від логарифму показника розведення. Абсциса точки перетину дотичних до гілок кривої відповідає значенню умовної концентрації ПАР.

У разі вирощування *R. erythropolis* ЕК-1 на субстратах, що можуть знижувати поверхневий натяг (гексадекан, рідкі парафіни, олія та відходи її виробництва) перед вимірюванням цього показника культуральну рідину звільняли від залишкового субстрату обробкою гексаном (якщо штам вирощували на середовищі з гексадеканом або рідкими парафінами) чи бензином (якщо культивування штаму здійснювали на олієвмісних середовищах).

Емульгувальну здатність (індекс емульгування) культуральної рідини визначали так. До 2 мл культуральної рідини додавали 2 мл субстрату для емульгування та струпували упродовж 2 хв. Вимірювання індексу емульгування (E_{24}) проводили через 24 год як величину відношення висоти шару емульсії до загальної висоти рідини в пробірці і виражали у відсотках. Як субстрат для емульгування використовували соняшникову олію.

Враховуючи хімічний склад ПАР, синтезованих *R. erythropolis* ЕК-1 (комплекс гліко-, фосфо- і нейтральних ліпідів) [1], а також можливість інтенсифікації синтезу цих мікробних метаболітів за присутності екзогенних попередників (жирних кислот) [5], ми припустили, що потенційними ефективними і дешевими джерелами вуглецю для *R. erythropolis* ЕК-1 можуть бути насамперед олієвмісні субстрати — відходи виробництва рослинних олій, що містять у своєму складі жирні кислоти, тригліцериди, фосфатиди, а також пересмажена олія (після використання для смаження у закладах громадського харчування).

У табл. 1 наведено дані про синтез ПАР за умов росту *R. erythropolis* ЕК-1 на відходах різних виробництв.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Таблиця 1. Утворення поверхнево-активних речовин у процесі вирощування *R. erythropolis* ЕК-1 на відходах виробництв

Субстрат	Концентрація субстрату, %	Показники синтезу ПАР		
		pH _{кінцеве}	E ₂₄ , %	ПАР*
Відходи оліє-жирових виробництв	0,5	7,9±0,2	36,8±1,1	4,8±0,14
	1,0	7,9±0,2	40,0±1,2	10,0±0,3
Використана (пересмажена) соняшникова олія	0,5	8,5±0,3	20,0±0,6	2,0±0,06
	1,0	7,7±0,2	65,0±1,9	4,8±0,14
Меяса	0,5	8,9±0,3	37,0±1,1	2,0±0,06
	1,0	9,0±0,3	40,0±1,2	3,3±0,09
Гліцерин	0,5	7,0±0,2	37,0±1,1	2,1±0,06
	1,0	7,1±0,2	47,3±1,4	3,2±0,09
Рідкі парафіни	0,5	7,0±0,2	39,0±1,1	4,7±0,14
	1,0	7,1±0,2	47,0±1,4	4,6±0,14
Гексадекан (контроль)	2,0	7,0±0,2	70,0±2,1	4,8±0,14

П р и м і т к а. Посівний матеріал вирощений на ГКА.

Як видно з наведених у табл. 1 даних, найвищі показники синтезу ПАР (ПАР* 10,0) спостерігались у процесі культивування штаму ЕК-1 на

середовищі, що містило як джерело вуглецю відходи оліє-жирових виробництв у концентрації 1 %. Разом з тим, умовна концентрація ПАР у разі вирощування *R. erythropolis* ЕК-1 на середовищі з 1 % пересмаженої соняшникової олії (ПАР* 4,8) практично не відрізнялася від такої за використання як субстрату гексадекану і рідких парафінів (ПАР* 4,6–4,8).

У подальших дослідженнях як субстрат для вирощування *R. erythropolis* ЕК-1 використовували пересмажену олію, оскільки вона у великій кількості накопичується у різних закладах громадського харчування.

На наступному етапі було проведено порівняння ефективності застосування пересмаженої та звичайної соняшникової олії для синтезу ПАР штамом ЕК-1. Результати наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Синтез поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ЕК-1 за використання як субстрату пересмаженої та звичайної олії

Субстрат	Концентрація субстрату, %	Показники синтезу ПАР			
		pH _{кінцеве}	E ₂₄ , %	ПАР* ₁	ПАР* ₂
Пересмажена олія	1,0	7,0±0,2	37,0±0,2	1,5±0,1	19,2±0,2
	2,0	8,0±0,3	49,0±0,3	2,7±0,2	21,3±0,2
Звичайна олія	1,0	7,0±0,2	50,0±0,1	–	18,2±0,1
	2,0	7,2±0,2	49,6±0,2	–	19,2±0,1

П р и м і т к а. ПАР*₁ і ПАР*₂ — умовна концентрація ПАР, розрахована для двох точок збільшення поверхневого натягу на графіку залежності σ_s від логарифму розведення (див. рисунок); «–» — показник відсутній. Посівний матеріал вирощений на рідкому середовищі з 1 % відповідних субстратів до середини експоненційної фази росту (48 год).

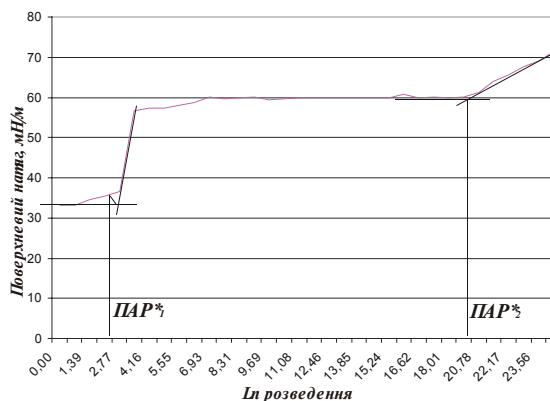
На рисунку наведено графік залежності величини поверхневого натягу від логарифму розведення вільної від клітин та залишків субстрату культуральної рідини після вирощування штаму ЕК-1 на середовищі, що містило 2 % пересмаженої олії. Цей графік характеризується наявністю двох точок збільшення поверхневого натягу — за логарифму розведення 2,7 і 21,3 відповідно. Слід зазначити, що такий характер залежності величини σ_s від логарифму розведення супернатанту культуральної рідини *R. erythropolis* ЕК-1 є нетиповим як для ПАР даного

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

штаму, так і для інших мікробних поверхнево-активних речовин. На нашу думку, це явище можна пояснити так.

Оскільки *R. erythropolis* ЕК-1 синтезує комплекс поверхнево-активних речовин [1], то цілком ймовірно, що за умов росту на різних за хімічною природою вуглецевих субстратах синтезуються різні поверхнево-активні речовини, і/або змінюється співвідношення між певними компонентами комплексу. Можна припустити, що у процесі вирощування штаму ЕК-1 на олієвмісних субстратах у складі утворюваних ПАР будуть переважати жирні кислоти та їхні ефіри (наприклад характерні для *R. erythropolis* ЕК-1 та інших представників роду *Rhodococcus* міколові кислоти), так як у середовищі містяться майже готові блоки, необхідні для їхнього синтезу, і немає потреби у складних перетвореннях ростового субстрату на поверхнево-активні речовини іншої хімічної природи (гліко- та фосфоліпідів). Якщо наше припущення вірне, то, очевидно, що вищий показник ПАР*2 (див. табл. 2) відповідає умовній концентрації поверхнево-активних речовин, які за хімічною природою є жирними кислотами та їхніми похідними, а нижче значення ПАР*1 — умовній концентрації ПАР гліко- і фосфоліпідної природи.

Разом з тим слід зазначити, що графік залежності величини поверхневого натягу від логарифму розведення супернатанту культуральної рідини після вирощування штаму ЕК-1 на звичайній олії (на відміну від пересмаженої) виявився типовим для ПАР і містив лише одну точку різкого збільшення показника σ_s , що відповідає умовній концентрації ПАР 18,2–19,2 (див. табл. 2). Ми вважаємо, що це явище зумовлено тим, що використана олія містить залишки смаженої на ній їжі, які можуть використовуватися для синтезу наприклад, вуглеводної частини гліколіпідів. Для перевірки цього припущення необхідно визначити показник ПАР* за використання як ростового субстрату пересмаженої олії, звільненої від залишків смаженої їжі, а також проаналізувати хімічний склад ПАР, синтезованих за умов росту штаму ЕК-1 на різних олієвмісних середовищах, що буде предметом наших подальших досліджень. Якщо наше припущення будуть підтверджені експериментально, наступним етапом досліджень стане пошук шляхів підвищення синтезу гліколіпідів у процесі культивування *R. erythropolis* ЕК-1 на олієвмісних середовищах. Необхідність проведення таких досліджень зумовлена тим, що хоча поверхнево-активним речовинам, основними компонентами яких є жирні кислоти та їхні похідні, й притаманний високий показник ПАР*, вони характеризуються невисокою здатністю до зниження поверхневого натягу (60 мН/м, див. рисунок), у зв'язку з чим їхнє використання у промисловості не є перспективним. Одним із підходів до підвищення синтезу гліколіпідів у складі синтезованих на олієвмісній сировині ПАР, може бути внесення у таке середовище невисоких концентрацій глюкози (і/або меляси як вуглеводвмісних відходів цукрового виробництва) або C_4 -дикарбонових кислот — попередників гліоконеогенезу, як було показано нами раніше у процесі культивування *R. erythropolis* ЕК-1 на етанолі і гексадекані [2].



Залежність поверхневого натягу від догарифму розведення супернатанту культуральної рідини після вирощування *R. erythropolis* ЕК-1 на пересмаженій олії (2 %)

Висновки. Отже, в результаті проведеної роботи встановлено можливість використання відходів виробництв (оліє-жирової промисловості, використаної соняшникової олії, гліцерину, меляси, рідких парафінів) для синтезу ПАР *R. erythropolis* ЕК-1. Максимальні показники синтезу поверхнево-активних речовин спостерігалися за умов культивування штаму ЕК-1 на відходах оліє-жирової промисловості (ПАР*=10) та пересмаженої олії (ПАР*=21,3).

ЛІТЕРАТУРА

1. Пирог Т.П., Шевчук Т.А., Волошина И.Н., Карпенко Е.И. Образование поверхностно-активных веществ при росте штамма *Rhodococcus erythropolis* ЭК-1 на гидрофильных и гидрофобных субстратах // Прикладная биохимия и микробиология. — 2004. — Т. 40, № 5. — С. 544–550.
2. Пирог Т.П., Тарасенко Д.А. Влияние fumarата и цитрата на образование поверхностно-активных веществ штаммом *Rhodococcus erythropolis* ЭК-1 // Биотехнология. — 2008. — № 3. — С. 48–55.
3. Dessai J.D., Banat I.M.. Microbial production of surfactants ant their commercial potential // Microbiol. Mol. Rev. — 1997. — Vol. 61. — P. 47-64.
4. Makkar R.S., Cameotra S.S. An update on the use of unconventional substrates for biosurfactant production and their new applications // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2002. — Vol. 58. — P. 428-434.
5. Pekin G., Vardar-Sukan F., Kosaric N. Production of soforolipids from *Candida bombicola* ATCC 22214 using Turkish corn oil and honey // Eng. Life Sci. — 2005. — Vol. 4. — P. 357-362.
6. Ron E.Z., Rosenberg E. Biosurfactants and oil bioremediation // Curr. Opin. Biotechnol. — 2002. — Vol. 13, № 3. — P. 249–252.
7. Singh A., Van Hamme J.D., Ward O.P. Surfactants in microbiology and biotechnology. Part 2. Applications aspects // Biotechnol. Adv. — 2007. — Vol. 25. — P. 99–121.
8. Yazdani S.S., Gonzales R. Anaerobic fermentation og glycerol: a path to economic viability for the biofuels industry // Curr. Opin. Biotechnol. — 2007. — Vol. 18. — P. 213–219.

Надійшла до редколегії 30.09.2009 р.

УДК 664.1:539.22

М.П. Купчик, д-р техн. наук
О.І. Сидорченко, канд. техн. наук
Т.М. Захарченко, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій

РОЗРОБКА СПОСОБУ ПІДГОТОВКИ ЕКСТРАГЕНТА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОМЕМБРАННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ САХАРОЗИ ІЗ БУРЯКОВОЇ СТРУЖКИ

Досліджено вплив електромембранної активації водних розчинів (ЕАВР) на фізико-хімічні властивості екстрагенту для вилучення цукрози. Доведена доцільність використання ЕАВР як добавки в екстрагент при процесі екстрагування сахарози із бурякової стружки. Визначена оптимальна концентрація в екстрагенті ЕАВР, а також підтверджена доцільність використання в якості електроліта NaCl. В результаті математичної обробки експериментальних даних визначено оптимальні витрати ЕАВР в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки, комп'ютерна оптимізація дозволила встановити узагальнений критерій залежності чистоти дифузійного соку від концентрації ЕАВР.

Ключові слова: електрактивований водний розчин, живильна вода, чистота дифузійного соку, ефект очистки дифузійного соку, комп'ютерна оптимізація, коефіцієнт дифузії.

Research into the elektromembrannoyi activated water solutions on the physical and chemical properties of the extractant to extract Sucrose.

Proved the feasibility of using EAVR as supplements to the extractant in the process of extraction of sucrose from beet chips. The optimum concentration of extractant EAVR and confirmed the feasibility of using as elektrolita NaCl. As a result of mathematical processing of experimental data determines the optimal costs EAVR in the extraction of sucrose from beet chips, computer optimization revealed a generalized diffusion cleanness criterion depends on the concentration of juice EAVR.

Key words: *elekttraktivovanyu aqueous solution, feed water, cleanness of diffusion juice, diffusion juice purification effect, diffusion coefficient, computer optimization.*

У техніці й технології виробництва цукру важливу роль відіграють процеси екстрагування сахарози із бурякової стружки.

Головним завданням процесу екстрагування являється максимальне вилучення сахарози із подрібненої сировини при мінімальному вилученні всіх інших розчинних речовин, що містяться в буряковій тканині чи речовин, що утворюються в процесі дифузії, які називаються нецукрами [1].

Досягнення цих результатів можливе на основі використання науково обґрунтованих методів інтенсифікації технологічних процесів і розробки принципово нових способів, які дозволяють суттєво удосконалити процес вилучення сахарози із бурякової сировини [2].

Підвищення якості дифузійного соку і скорочення втрат продукту, що вилучається, можливі за рахунок застосування нових електромембранних способів підготовки живильної води, в яких використовується енергія електричного поля і здатність біполярних мембран генерувати йони водню й гідроксилу.

©**М.П. Купчик**, О.І. Сидорченко, Т.М. Захарченко, 2010

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Основою для створення високоефективних, екологічно чистих і безвідходних технологій є електротехнологічні процеси з використанням мембранних матеріалів [3].

Розробка нових електромембранних процесів підготовки технологічних середовищ бурякоцукрового виробництва базується на біполярних мембранах. Особливістю біполярних мембран є їхня здатність генерувати йони водню й гідроксиду під дією електричного поля [4].

Наш інтерес до електромембранних методів активації водних розчинів (ЕАВР) зумовлений такими причинами:

- при електромембранній активації водних розчинів можливо цілеспрямовано змінювати їх кислотну — лужні властивості;
- можливість одержувати розчини з високим виходом, чистотою і концентрацією йонів водню і гідроксиду в порівнянні з електрохімічними способами;
- висока дезінфікуюча та коагулююча здатність ЕАВР;
- завдяки специфічним властивостям електроактивованого розчину дифузія розчинених речовин йде швидше;
- можливість створення екологічно чистих та маловідходних технологій.

Отже, першочерговим завданням при вилученні сахарози з бурякової стружки є одержання соку високої чистоти за рахунок меншого переходу нецукрів, зокрема високомолекулярних сполук.

Незважаючи на те, що більша частина високомолекулярних сполук видаляється у процесі очищення дифузійного соку вапном, перехід колоїдних та ВМС, особливо пектинових речовин, в дифузійний сік є основною причиною поганої фільтрації очищених соків, труднощів при кристалізації продуктів тощо [5].

Отже, в процесі екстрагування важливим є дотримання умов мінімального розкладу сахарози внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів та одержання дифузійного соку високої якості. Тому використання ЕАВР, який поєднує в собі властивості коагулянту та антисептику, в процесі підготовки живильної води для екстрагування сахарози є перспективним, з точки зору інтенсифікації дифузійного процесу та підвищення виходу цукру з одиниці сировини. Все вище перераховане пояснює актуальність детального вивчення дії ЕАВР в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки [6].

Для процесу екстрагування сахарози з бурякової стружки необхідно використовувати екстрагент зі слабо кислою реакцією середовища ($\text{pH} = 5,8\text{--}6,5$). Це пов'язано з мінімальним переходом високомолекулярних сполук у дифузійний сік та розкладання сахарози. Найбільш поширена технологія (що використовується на виробництві) підготовки барометричної води із застосуванням процесу сульфатації сірчистим газом SO_2 [7].

Для підвищення ефекту екстрагування сахарози із бурякової стружки, запропоновано використання електроактивованого водного розчину на ефективність процесу одержання дифузійного соку.

Електромембранній активації піддавали дистильовану воду до $\text{pH} = 1,45$ (кисла фракція) з добавками електролітів NaCl , Na_2SO_4 , Na_3PO_4 різних концентрацій (0,5...1%) (лужна фракція).

Експериментальні дані якісних показників дифузійного соку від концентрації ЕАВР з електролітом NaCl приведені в таблиці 1.

Видно, що використання в якості добавки ЕАВР в екстрагент при використанні в якості електроліта NaCl з наступним проведенням процесу екстрагування сахарози із бурякової стружки при температурі 73°C дозволяє збільшити чистоту дифузійного соку на 0,6...1,9 %, а ефект очистки на дифузії довести до 26 %. Вміст ВМС в дифузійному соці при цьому зменшується на 0,33...1,33 %, а вміст білків на — 0,04...0,33 %.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Таблиця 1. Вплив ЕАВР з електролітом NaCl на якісні показники дифузійного соку

№ п/п	Витрати електроактивованої води, % до маси живильної води	Чистота дифузійного соку, %	Вміст ВМС в дифузійному соку, % на 100 г СР	Вміст білкових речовин в диф. соці, % на 100 г СР	Ефект очистки на дифузії, %
1	0	85,30	4,00	2,29	12
2	0,1	85,93	3,67	2,25	19
3	0,4	86,04	3,33	2,20	20
4	3,0	87,20	2,83	1,96	26
5	25	86,50	3,02	2,04	22
6	100	86,00	3,15	2,10	18

Причому покращення якісних показників дифузійного соку спостерігається при добавці ЕАВР в кількості 0,1...3,0%. Подальше збільшення концентрації ЕАВР приводить до погіршення якісних показників дифузійного соку.

В таблиці 2, приведені якісні показники дифузійного соку отриманого при добавках в екстрагент ЕАВР приготовленого з електролітом Na_2SO_4 .

Із результатів табл.2 слідує, що добавка в екстрагент ЕАВР до 3% дозволяє покращити чистоту дифузійного соку в середньому на 1,5%, ефект очистки при цьому складає 24%, вміст ВМС зменшується на 1%, а вміст білків на 0,30%.

В таблиці 3, приведені якісні показники дифузійного соку отриманого при добавках в екстрагент ЕАВР приготовленого з електролітом Na_3PO_4 .

Експериментальні результати таблиці 3 показують, що при концентрації ЕАВР до 3% чистота дифузійного соку збільшується на 1,0%, ефект очистки складає 20% при зменшенні вмісту ВМС на 0,75% і білків на 0,2%.

Таблиця 2. Вплив ЕАВР приготовленого з електролітом Na_2SO_4 на якісні показники дифузійного соку

№ п/п	Витрати електроактивованої води % до маси живильної води	Чистота дифузійного соку, %	Вміст ВМС в дифузійному соку, % на 100 г СР	Вміст білкових речовин в диф. соці %, на 100 г СР	Ефект очистки на дифузії, %
1	0	85,0	3,9	2,40	10
2	0,1	85,8	3,6	2,35	17
3	0,4	86,0	3,3	2,25	19
4	3,0	86,5	2,8	2,10	24
5	25	86,2	3,0	2,15	18
6	100	85,8	3,2	2,25	15

Таблиця 3. Вплив ЕАВР приготовленого з електролітом Na_3PO_4 на якісні показники дифузійного соку

№ п/п	Витрати електроактивованої води, % до маси живильної води	Чистота дифузійного соку, %	Вміст ВМС в дифузійному соку, % на 100 г СР	Вміст білкових речовин в диф. соці %, на 100 г СР	Ефект очистки на дифузії, %
1	0	86,0	4,20	2,10	10
2	0,1	86,2	4,00	2,00	12
3	0,4	86,5	3,80	1,95	15
4	3,0	87,0	3,45	1,90	20
5	25	86,3	3,80	2,00	15
6	100	86,1	4,10	2,10	11

Отримані результати свідчать про те, що найбільш ефективна добавка в екстрагент ЕАВР концентрацією до 3% отриманого з електролітом NaCl. Це

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

пов'язано з тим, що при концентрації ЕАВР більше 3% суттєво знижується рН розчину і зростає вміст редуруючих речовин.

В результаті проведених експериментів були отримані залежності ефекту очищення дифузійного соку, при різних видах екстрагентів від витрат ЕАВР (табл. 4).

Таблиця 4. Залежність ефекту очищення дифузійного соку при різних екстрагентах від витрат ЕАВР

Витрати ЕАВР, % до маси буряків	0,000	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,01	0,015
Ефект очищення дифузійного соку, %	9,6	13,7	16,0	17,5	18,9	19,6	20,3	21,0	21,1

Далі проводили математичне оброблення одержаних експериментальних даних для встановлення оптимальних, з точки зору покращення показників технологічної якості дифузійного соку, витрат ЕАВР.

Всі одержані експериментальні дані опрацьовано за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional 2000.

Для оцінки ефективності застосування ЕАВР в процесі вилучення сахарози з бурякової стружки було обрано наступні локальні критерії оптимізації (в натуральній формі):

$f_1(X)$ — ефект очищення соку під час екстрагування, при застосуванні в якості живильної води дистильованої води, %;

$f_2(X)$ — ———//———, при застосуванні в якості живильної води аміачного конденсату, %;

$f_3(X)$ — ———//———, при застосуванні в якості живильної води — води з відкритої водойми.

Розв'язання задачі оптимізації передбачає розроблення математичної моделі для вираження залежності вихідних параметрів процесу від вхідних факторів. Для розроблення математичної моделі було вирішено підібрати математичні рівняння для кожного критерію оптимальності, які б з найменшою похибкою описували його зміну з часом технологічного процесу.

За даними експерименту, залежність кожного з обраних локальних критеріїв оптимізації може бути представлена у такому вигляді:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 \quad (1)$$

Розрахунок та уточнення коефіцієнтів цих рівнянь здійснювали за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional 2000, які, крім цього, включали розрахунок середньоквадратичної похибки, шляхом порівняння розрахункових значень з експериментальними. Розрахунок коефіцієнтів рівнянь для визначення залежності ефектів очищення в процесі екстрагування, від витрат ЕАВР наведений в додатку А.

В результаті були одержані наступні рівняння локальних критеріїв оптимізації (в натуральних значеннях факторів).

Залежність ефекту очищення на дифузії від витрат ЕАВР в дистильованій воді:

$$E_{аміач} (G) = 87.201 + 4.386 \cdot 10^3 \cdot G - 1.06 \cdot 10^5 \cdot G^2 \quad (2)$$

Залежність ефекту очищення на дифузії від витрат ЕАВР в аміачній воді:

$$E_{водойма} (G) = 86.951 + 2.64 \cdot 10^3 \cdot G - 0.604 \cdot 10^5 \cdot G^2 \quad (3)$$

Залежність ефекту очищення на дифузії від витрат ЕАВР води з відкритої водойми:

$$E_{жом} (G) = 87.577 + 4.394 \cdot 10^3 \cdot G - 1.274 \cdot 10^5 \cdot G^2 \quad (4)$$

Для того, щоб в процесі визначення оптимальних витрат ЕАВР узагальнити обрані критерії оптимізації єдиним кількісним показником, нами був обраний

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

узагальнений критерій оптимізації. Слід зазначити, що в узагальнений критерій оптимальності було закладено умову мінімізації витрат ЕАВР.

Перетворення локальних критеріїв оптимальності з натуральної в безрозмірну форму було здійснено за допомогою методу Харрінгтона через визначення проміжних параметрів за допомогою функції бажаності. Нові, безрозмірні значення локальних критеріїв, що отримані за допомогою функції бажаності, змінюються від 0,01 до 0,99, тому, що в узагальненому критерії оптимізації вони будуть не чутливими при наближенні до 0 або 1.

Значення локальних критеріїв оптимальності наведені в таблиці 5.

Таблиця 5. Інтервали бажаностей локальних критеріїв оптимальності для процесу екстрагування сахарози із застосуванням ЕАВР

Локальні критерії оптимальності	Значення бажаностей	
	0,01	0,99
$f_1(X)$ Ефект очищення дифузійного соку під час екстрагування, %	10	21
$f_2(X)$ Ефект видалення ВМС під час екстрагування, %	37	50
$f_3(X)$ Ефект видалення ПР під час екстрагування, %	0	20,5
$f_4(X)$ Витрати ЕАВР, % до м.б.	0,2	0,001

Узагальнений критерій оптимізації для досліджуваного процесу має вигляд:

$$F_k := (ff1_k)^{0.25} \cdot (ff2_k)^{0.25} \times (ff3_k)^{0.25} \cdot (ff4_k)^{0.25} \quad (5)$$

Програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона, а також програма розрахунку оптимальних витрат ЕАВР в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки виконані за допомогою пакету прикладних програм Mathcad Professional 2000 і наведені в додатку В.

Таким чином, в результаті математичної обробки експериментальних даних визначено оптимальні витрати препарату (рис. 1) в процесі екстрагування сахарози з бурякової стружки. Згідно розрахунком, враховуючим умови мінімізації витрат препарату, витрати ЕАВР становлять 1,6 % до маси буряків.

$$F_k := (ff1_k)^{0.25} \cdot (ff2_k)^{0.25} \cdot (ff3_k)^{0.25} \cdot (ff4_k)^{0.25}$$

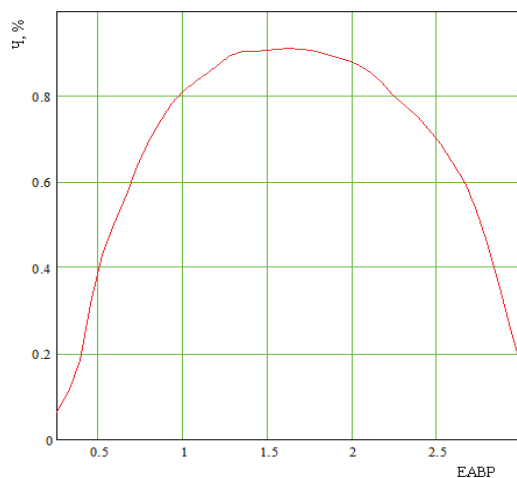


Рис. 1. Узагальнений критерій залежності чистоти дифузійного соку від концентрації електроліту підготовленого водного розчину

ЛІТЕРАТУРА

1. Купчик М.П. Електричне поле і структура водних систем / М.Купчик, І.Гулий, О.Бойко, В.Манк, Н.Лебовка, А.Матвиенко // Харчова і переробна промисловість. — 1991. — №9. — С. 17–18.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

2. *Матвієнко А.Б.* Дослідження електромембранного процесу підготовки води / А.Матвієнко, С.Марцин, М.Купчик, О.Бойко, Л.Купчик // Харчова і переробна промисловість. — 1991. — №9. — С.19–20.

3. *Брик М.Т.* Енциклопедія мембран / Брик М.Т. — Київ: вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2005. — Том 1. — 656 с.

4. *Купчик М.П.* Електромембранні установки / М.Купчик, О.Бойко, І.Гулий, А.Матвієнко // Харчова і переробна промисловість. — 1991. — № 9. — С.23–24.

5. *Капліна Т.В.* Теоретичне обґрунтування впливу електромагнітних полів на біологічні системи / Т.В.Капліна // Науковий вісник ПУСКУ. — 2005, — № 3 (16), — С. 80–84.

6. *Лосева В.А.* Влияние электрохимической активации на свойства воды для экстрагирования сахарозы из сахарной свеклы / В.А.Лосева, А.А.Ефремов, Д.В. Прасолов, М.Н. Ширяева // Сборник научных трудов VI ежегодной международной научно-прак.конф. «Сахар-2006». Повышение эффективности работы сахарной промышленности. — М.: Изд. комплекс МГУПП. 2006. — С.44–50.

7. *Рева Л.П.* Інтенсифікація та оптимізація технологічних процесів очищення дифузійного соку / Рева Л.П., Пушанко Н.М. // Цукор України. — 2005. — № 5. — С. 23–26.

Надійшла до редколегії 26.04.2010 р.

УДК 665:665.662.2

Т.І. Романовська, канд. техн. наук
М.В. Солеймані Алігударзі,
магістрантка
І.Я. Романовський, д-р техн. наук
Національний університет
харчових технологій

ВИЛУЧЕННЯ ЖИРУ З ВІДПРАЦЬОВАНОЇ ВІДБІЛЬНОЇ ГЛИНИ

Визначено доцільний та економічно вигідний спосіб переробки відпрацьованої відбільної глини з отриманням технічного жиру, екстрагованого гексаном.

Ключові слова: відбільна глина, жир, гексан, екстракція.

An expedient economic way of processing fulfilled bleaching earth with reception of technical fat is determined. The technical fat is extracted by hexane.

Key words: bleaching earth, fat, hexane, diffusion.

Відпрацьована відбільна глина є відходом, що накопичується після рафінації олій та жирів. Пошук шляхів переробки такої глини з метою зменшення втрат олії з відходами актуальний, оскільки утилізація на звалище забруднює довкілля. У спекотний період року такі відходи можуть самозайматись, тліти, виділяти неприємний запах згірклого окисленого жиру. Відпрацьовану відбільну глину можна добавляти у корм для тварин чи птахів, а також як добриво для ґрунтів, але ці шляхи утилізації глини нині не використовують [1].

Тютюнников П.В. із співавторами [2] описує екстракційний метод вилучення жиру з відбільної глини у комбінованому фільтрі. Відбілену в апараті олію насосом подають для фільтрації у комбінований фільтр. Відбільний порошок осідає на фільтрі. Після фільтрації у фільтр подають протитечею розчинник: бензин, гексан тощо. Спочатку у фільтр подають підігріту низькоконцентровану місцелу від попередніх операцій екстрагування, а потім подають чистий розчинник. Висококонцентровану місцелу, утворену в перший період промивання відбільної глини на фільтрі, направляють у дистильатор. Відігнаний розчинник конденсується у конденсаторі, проходить водовідділювач, збірник та повертається у виробничий процес. Низькоконцентровану місцелу після виходу з фільтра збирають в резервуарі та використовують на першому етапі екстрагування. Відомості про застосування отриманого жиру відсутні.

Метою роботи є дослідження способу переробки відпрацьованої відбільної глини з вилученням жиру та визначення якісних показників вилученого жиру для оцінки можливості його подальшого використання.

Відпрацьовану відбільну глину, якою рафінували соняшникову олію, одержували із заводу зразу ж після рафінації та фільтрування. Зберігання глини проводили у холодильнику за температури 4 °С.

Досліджували масову частку жиру, захопленого відбільною глиною, методом вичерпного екстрагування гексаном у апараті Сокслета. Визначали якість вилученого жиру за фізико-хімічними показниками: кислотним числом, перекисним числом, показником заломлення світла, оптичною густиною.

У табл. 1 і 2 подано фізико-хімічні показники відпрацьованої відбільної глини та жиру, вилученого з неї вичерпною екстракцією гексаном у апараті Сокслета.

Високий вміст жиру у відпрацьованій відбільній глині підтверджує доцільність його вилучення з неї. Гексан як екстрагент вибраний тому, що він найкраще відтворює умови екстракційного заводу.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники відпрацьованої відбільної глини

Показник	Значення	
	у досліджуваній глині	за СОУ 15.4-37-210:2004
Вологість, %	2,09±0,45	
Вміст жиру, %	26,13±0,72	20–65
Вміст органічних і мінеральних речовин, %	37,34±3,79	

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники жиру, екстрагованого гексаном з відпрацьованої відбільної глини

Показник	Значення показника для жиру		
	зі свіжовідібраної глини	з глини, яку зберігали місяць	за СОУ 15.4-37-210:2004
Показник заломлення	1,470	1,470	
Кислотне число, мг КОН/г	41,53±2,80	93,52±4,45	5–30
Перекисне число, ммоль 1/2 О/кг	20,00±1,02	299,57±6,74	23–60

Визначені фізико-хімічні показники жиру, вилученого з відпрацьованої відбільної глини вичерпною екстракцією гексаном, вказують, що жир містить достатньо високий вміст вільних жирних кислот, які ймовірно були сорбовані глиною під час рафінації та є продуктами гідролізу жиру, що захоплений порами сорбенту. Високий вміст перекисних сполук свідчать, що процеси окислення жиру, захопленого порами сорбенту, проходять швидко, тому глину необхідно переробляти одразу після процесу рафінації. Високий вміст вільних жирних кислот та продуктів окислення жирів у вилученому з відпрацьованої глини жирі дає підстави використовувати його для технічних потреб, зокрема для виробництва мила.

На рис. подано спектрофотометричну характеристику жиру, вилученого вичерпним екстрагуванням гексаном у апараті Сокслета. Екстракційний жир має

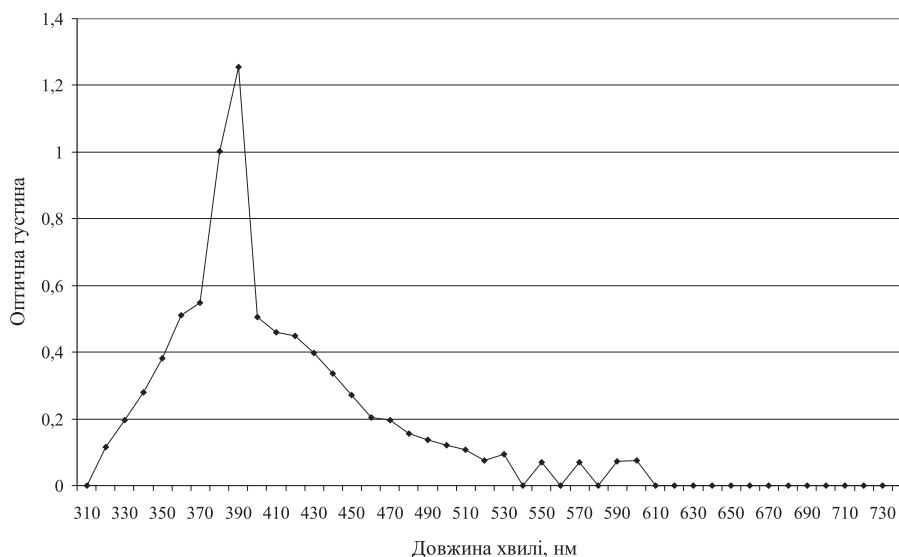


Рис. Спектрофотометрична характеристика жиру, вилученого з відбільної глини екстрагуванням гексаном

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

максимум поглинання світла з довжиною хвилі 390 нм. Це може свідчити про наявність у ньому токоферолів, які мають забарвлення та проявляють вітамінну дію на організм. Соняшникова олія виявляє таке ж поглинання видимого світла, що підтверджує факт попередньої рафінації саме вказаної олії досліджуваною відбільною глиною.

Отримані результати підтверджують доцільність вилучення жиру з відпрацьованої відбільної глини безпосередньо після процесу рафінації. Довготривале зберігання збільшує накопичення продуктів ліпідного окислення. Тому обґрунтованим є періодична схема екстрагування жиру з глини, вивантаженої з фільтра, та дистиляції місцели.

Також зробили аналіз економічної доцільності отримання технічного жиру з відбільної глини. Розрахункова собівартість 1 т жиру технічного становить 1162,34 грн в той час, як нині вартість такого жиру на ринку складає 2500 грн/т. Така низька собівартість дозволяє варіювати ціну в широких межах.

Висновки. Досліджено фізико-хімічні показники якості відбільної глини та екстракційного жиру, вилученого з неї гексаном. Встановлено, що вилучення жиру з глини має відбуватися відразу після вивантаження відпрацьованої відбільної глини з фільтра. За спектрофотометричними характеристиками екстракційного жиру можна ідентифікувати сировину, яку відбілювала глина під час сорбційної рафінації. Встановлено, що вміст жиру у відбільній глині становить близько 26 %. Наявність вільних жирних кислот та сполук перекисного окислення ліпідів у отриманому жирі визначає технічний напрям його використання. Вилучення технічного жиру екстрагуванням з глини є економічно доцільним, оскільки такий жир має низьку собівартість.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Осейко М.І.* Технологія рослинних олій: Підр. — К.: Варта, 2006. — 280 с.
2. *Технология переработки жиров* / Б.Н. Тютюнников, П.В. Науменко, И.М. Товбин, Г.Г. Фаниев. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 652 с.

Надійшла до редколегії 18.01.10 р.

УДК 615.451.1:663.88

В.Д. Іванова, канд. біол. наук,
Н.С. Каряка
Національний університет
харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИОКСИДАНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕКСТРАКТІВ З НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Складено композиції з квітів бузи-ни та липи, пагонів чорниці, листя меліси, малини, суниці, чорної смородини, що є джерелами біологічно активних сполук антиоксидантної дії. Підібрано оптимальні умови одержання екстрактів, визначено вміст в них фенольних сполук, катехінів, дубильних речовин та їх активність у тесті з 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилом.

Ключові слова: біологічно активні речовини, екстракт, антиоксидант, флавоноїди, ДФПГ, антирадикальна активність, рослинна сировина

The phytochemical compositions of several plants (elderberry, linden, blueberry, melissa, raspberry, strawberry, black currant) with potential antioxidant activity were developed. Extracts from the compositions were prepared and screened for their free radical scavenging properties using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. Content of total phenols, flavonoids, catechins was determined by spectrophotometric methods.

Key words: biologically active compounds, extracts, antioxidant, flavonoids, plant materials, DPPH, free radical scavenging activity

Останнім часом зростає інтерес до пошуку нетрадиційних джерел біологічно цінних компонентів, перспективних для створення нових функціональних харчових продуктів. Особливу увагу приділяють вмісту у сировині антиоксидантів, що здатні попереджувати вільнорадикальне окислення біологічних структур організму, уповільнюючи процеси старіння та розвитку патологічних змін.

Найкращими джерелами антиоксидантів є рослини (в тому числі й лікарські), які містять їх у вигляді комплексів споріднених сполук. До складу таких комплексів входять фенольні сполуки (флавоноїди, флавоноли, катехіни тощо), вітаміни (С, Е), каротини, мінеральні речовини [4].

Лікарські рослини поки що не є традиційною сировиною для виробництва харчових продуктів, проте спектр їх застосування в харчовій промисловості стрімко зростає. Хімічний склад препаратів, одержаних з рослин, є багатим на сполуки з різною біологічною активністю. Крім того, їх можна використовувати для заміни багатьох штучних харчових добавок (барвників, ароматизаторів, стабілізаторів тощо), які будуть справляти на організм людини комплексний фізіологічний вплив, добре сприйматимуться, не викликаючи побічних реакцій.

Метою даної роботи було дослідити вміст фенольних сполук та антиоксиданту активність екстрактів з нетрадиційної рослинної сировини для подальшого використання їх як компонентів функціональних харчових продуктів.

Як рослинну сировину в експериментах використовували листя чорної смородини (*Ribes nigrum*), суниці лісової (*Fragaria vesca*), малини звичайної (*Rubus idaeus*), меліси лікарської (*Melissa officinalis*), стебла та листя чорниці звичайної (*Vaccinium myrtillus*), траву чебрецю звичайного (тим'яну повзучого *Thymus serpyllum*), квітки ромашки аптекарської (*Chamomilla officinalis*), бузини чорної (*Sambucus nigrae*), липи серцелистої (*Tilia cordata*). Зразки сировини було зібрано протягом червня-серпня у Київській області, висушено за температури 40 °С.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Для одержання екстрактів сировину подрібнювали до розміру часток 3 мм, додавали екстрагент. Як екстрагенти використовували воду, водно-спиртові розчини різної концентрації, підсиру сироватку. Співвідношення сировина: екстрагент варіювали від 1:5 до 1:30. Екстрагували при періодичному струшуванні до досягнення максимального вмісту сухих речовин (СР) у екстракті.

Вихід екстрактивних речовин визначали за загальноприйнятою методикою [7], вміст фенольних сполук — спектрофотометричним методом з використанням реактиву Фоліна-Деніса [7], флавоноїдів, катехинів, дубильних речовин — згідно рекомендацій [7, 8].

Для дослідження антиоксидантних властивостей екстрактів застосовували метод, що базується на взаємодії із стабільним хромоген-радикалом 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилом (ДФПГ) (Sigma-Aldrich, США) [1]. Початкова концентрація ДФПГ в реакційній суміші складала $8,7 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Робочі розчини готували з використанням 96%-ого етилового спирту. Реакцію проводили за кімнатної температури протягом 30 хв, після чого вимірювали оптичну густину розчинів за довжини хвилі 517 нм на спектрофотометрі Biomat 5 (Thermo electron corporation, США). Як контроль використано аскорбінову кислоту. Ступінь інактивації ДФПГ (%) визначали за формулою:

$$\% \text{ інактивації} = \frac{A_0 - A_d}{A_0} 100,$$

де A_0 , A_d — оптична густина контрольного та досліджуваного розчинів, од.опт. густини.

Для кожного зразку будували залежність концентрації непрореагованого ДФПГ від об'єму екстракту. Визначали значення коефіцієнту розведення, необхідне для досягнення концентрації екстракту, за якої падіння оптичної густини за перші 30 хв реакції складає 50% (IC_{50}). Цей коефіцієнт слугував мірою відносного вмісту у зразках речовин, що володіють антирадикальною активністю.

Усі досліді повторювали тричі, проводили статистичну обробку результатів.

Основними критеріями при виборі сировини були наявність значних кількостей БАР антиоксидантної дії, оригінальні органолептичні показники, широкий ареал розповсюдження рослини на території України, достатня сировинна база, легкість у переробці. Крім того, враховували, що відібрані для дослідження рослини використовують як у традиційній, так і в народній медицині при лікуванні багатьох захворювань, що супроводжуються зниженням загальної реактивності організму.

Для обґрунтування складу фітокомпозицій з підвищеним вмістом антиоксидантів проаналізовано дані літератури щодо вмісту та біологічної дії БАР обраних видів рослин. Результати представлено у табл. 1.

Як видно з даних табл. 1, усі відібрані види сировини містять сполуки-антиоксиданти (зокрема, флавоноїди, фенолокіслоти, вітаміни С, Е тощо) та володіють широким спектром фармакологічної активності через наявність таких БАР, як терпени (чебрець, меліса, ромашка), кумарини (ромашка, малина), органічні кислоти (чорниця, суниця), слизи (липа, ромашка), камеді тощо.

За результатами аналізу хімічного складу сировини розроблено три фітокомпозиції, що містять комплекси БАР із схожими фармакологічними властивостями, а отже, справлятимуть синергічну дію. До складу першої увійшли листя смородини, суниця, малини, меліси та пагони чорниці, до другої — суцвіття бузини та липи, до третьої — трава чебрецю та квіти ромашки. Загальною властивістю усіх композицій є наявність сполук, що володіють протизапальною, антисептичною та антибактеріальною дією.

Експериментально підібрано такі умови екстрагування БАР з фітокомпозицій: співвідношення сировина: екстрагент — 1 : 10, температура 50 °С, три-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

валість процесу — залежно від типу екстрагенту: 10 хв — водно-спиртовим розчином (50%-м), 20 хв — водою, 40 хв — сироваткою.

Таблиця 1. Хімічний склад та фармакологічна дія рослинної сировини

Назва рослини	Вид сировини / особливі органолептичні властивості	Хімічний склад сировини [6, 5]	Фармакологічна дія [6, 9]
Бузина чорна (<i>Sambucus nigrae</i>)	Квітки/ запах мигдалю	Ціаногенний глікозид самбунігрин, флавоноїди (рутин), ефірна олія, слизи, органічні кислоти (кофейна, яблучна, валеріанова, хлорогенова), дубильні речовини, аскорбінова кислота, вітамін Е, зола — 9,22%	Анальгетична, діуретична, жарознижувальна, протизапальна, послаблююча, седативна, слабка дезінфікуюча, гіпоглікемічна
Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i>)	Суцвіття/приємний слабкий аромат	Ефірна олія (біля 0,05 %), полісахариди (7–10 %), тритерпенові сапоніни, флавоноїди (4–5 %) — гесперидин, кверцетин, кемпферол; аскорбінова кислота, каротин	Антибактеріальна, протигрибкова, діуретична, жовчогінна, м'яка заспокійлива, протизапальна
Чорна смородина (<i>Ribes nigrum</i>)	Листя/приємний аромат	Ефірна олія (0,25–0,75 %), аскорбінова кислота (до 0,4 %), флавоноїди, дубильні речовини, фітонциди, органічні кислоти, пентозани, мінеральні солі	Вітамінна, потогінна, сечогінна, в'язуча, протизапальна
Суніця лісова (<i>Fragaria vesca</i>)	Листя	Флавоноїди, аскорбінова кислота (250–280 мг%), дубильні речовини, слідові кількості алкалоїдів, високий вміст калію	Діуретична, жовчогінна, вітамінна, глістогінна, апетитна, протизапальна, антимікробна
Малина звичайна (<i>Rubus idaeus</i>)	Листя	Аскорбінова кислота (до 300 мг%), каротин, вітаміни групи В, алкалоїди, флавоноїди, кумарини (0,3–0,28%), фенологлікозиди, фенолокіслоти, лактони, дубильні речовини	Протизапальна, полівітамінна, антисептична, гіпоглікемічна
Меліса лікарська (<i>Melissa officinalis</i>)	Листя/сильний запах лимону	Ефірна олія (до 0,35 %), дубильні речовини (біля 5 %), флавоноїди (лютеолін, цинарозид), фенольні кислоти (розмаринова, хлорогенова та кофейна), кумарини, вітаміни В ₁ , В ₂ , С, урсолова кислота	Седативна, спазмолітична, болетамувальна, апетитна, бактерицидна
Чорниця звичайна (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	Пагони	Дубильні речовини (18–20 %), сахариди, арбутин (0,47–0,58 %), гідрохінон (0,47 %), сапоніни (2,2–2,8 %), органічні кислоти, мінеральні речовини, глікозиди неоміртилін (2%) (аглікон — інозит) та міртилін (1%)	В'язуча, протизапальна, сечогінна, гіпоглікемічна
Чебрець звичайний (тим'ян повзучий) (<i>Thymus serpyllum</i>)	Трава/сильнийприємний аромат	Ефірна олія (до 1%) (основні компоненти — феноли (34–42%); дубильні речовини, гіркоти, камедь, сапоніни, тритерпенові сполуки — урсолова та олеанолова кислоти, органічні кислоти — кофейна, хлорогенова, хінна; флавоноїди, велика кількість мінеральних солей	Протизапальна, противірусна, антибактеріальна, протигрибкова, відхаркувальна
Ромашка аптекарська (<i>Chamomilla officinalis</i>)	Квітки	Ефірна олія (0,2–0,9%), флавоноїдний глікозид апіїн, прохамазулен матрицин, лактон матрикарин, диоксикумарини, умбеліферон триакантин, холін, фітостерин, саліцилова кислота, аскорбінова кислота, каротин, гіркоти, слизи, камеді.	Протизапальна, антисептична, протиалергічна, жовчогінна, апетитна, потогінна, спазмолітична

Одержано лабораторні зразки водних (з масовою долею екстрактивних речовин (ЕР) — 3,8%), водно-спиртових (4% ЕР) та сироваткових (3,5% ЕР) екстрактів. Досліджено їх органолептичні властивості. Результати представлено у табл. 2, 3.

Під час аналізу особливу увагу приділяли смако-ароматичним властивостям екстрактів, тому екстракт з квіток ромашки та трави чебрецю (№3) було відбраковано: за свідченням споживачів, він «мав гіркуватий присмак та запах, що дуже нагадує ліки».

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Найкращою, за результатами споживчої оцінки, виявилась композиція з цвіту бузини та липи (№ 2), водний екстракт з якої мав найпривабливіші органолептичні властивості, зокрема тонкий приємний аромат та жовтуватий колір.

Таблиця 2. Органолептичні показники екстрактів з цвіту бузини та липи (композиція № 2)

Вид екстракту	Зовнішній вигляд	Запах	Смак
Водний	Світло-жовтий прозорий розчин, злегка тягучої консистенції	Своєрідний, відповідний використаній сировині, злегка медовий	Солодкуватий з легкою кисллинкою, гармонійний
Водно-спиртовий (50%-й)	Яскраво-жовтий, прозорий, має трохи тягучу консистенцію	Відповідний використаній сировині з відчутним запахом спирту	Різкий смак спирту з ароматним відтінком бузини та липи.
Сироватковий	Каламутний розчин жовтого кольору	Характерний для липи та бузини, медовий, кислуватий.	Кислуватий, трохи терпкий

Таблиця 3. Органолептичні показники екстрактів з листя смородини, суниці, малини, меліси та пагонів чорниці (композиція №1)

Вид екстракту	Зовнішній вигляд	Запах	Смак
Водний	світло-оранжевий	слабкий, приємний трав'яний з нотами лимону	слабковиражений, пріємний з кисллинкою
Водно-спиртовий 50%	яскраво-жовтогарячий прозорий розчин	відповідний використаній сировині з відчутним запахом спирту	різкий смак спирту
Сироватковий	каламутний розчин світло-оранжевого кольору	своєрідний трав'яний з ледь-відчутним відтінками кислоти	кислуватий, трохи терпкий.

Екстракти після одержання зберігали за температури +4 °С, досліджуючи динаміку змін органолептичних та мікробіологічних показників протягом 7 діб після їх одержання. Перші ознаки псування водних екстрактів з'явилися на п'яту добу, водно-спиртові екстракти у цей період не змінили своїх властивостей. Встановлено, що активна кислотність водних екстрактів складала біля 6,7, у зв'язку з цим цілком зрозумілим є їх мікробіологічне псування. Для запобігання цьому при одержанні водного екстракту слід суворо дотримуватись санітарних норм та застосовувати додаткові заходи для збільшення строків їх зберігання. Можливим заходом при цьому є збільшення температури екстрагування до 70 °С.

Показник масової частки екстрактивних речовин відображує сумарну кількість сполук, що вилучаються з сировини під час екстрагування — вуглеводів, органічних кислот, фенольних сполук тощо. Для більш детальної характеристики складу екстрактів (зокрема, для детектування фенольних сполук) проаналізовано їхні спектри поглинання в діапазоні від 190 до 750 нм (рис. 1). З даних літератури [5, 7] відомо, що ультрафіолетовий (УФ) спектр фла-

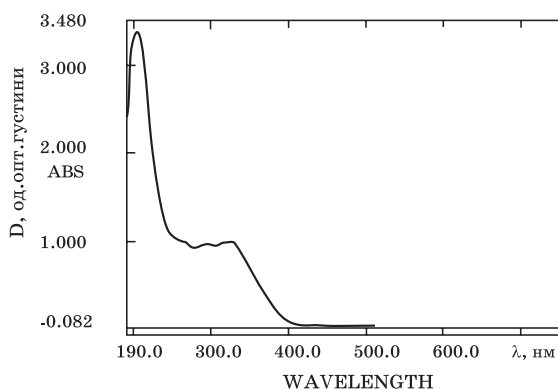


Рис. 1. Спектр поглинання водного екстракту з цвіту бузини та липи (розведення 1:100)

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

воноїдів характеризується наявністю двох максимумів поглинання, які можуть зсуватися при появі у молекулі додаткових функціональних груп. Так, флавонові глікозиди — похідні кверцетину мають максимуми поглинання при 258 і 361 нм та плече у ділянці 266 нм, для антоціанів характерний максимум поглинання за 270–295 нм [5].

Як видно з рис. 1, спектр водного екстракту з липи та бузини має один пік в УФ-ділянці при 210 нм, що згідно даних літератури [5] вказує на наявність в ньому кумаринів — сполук фенольного характеру, що володіють Р-вітамінною активністю, мають спазмолітичну, протипухлинну, антигельмітну, протигрибкову, бактеріостатичну дію. На спектрі присутній другий пік у межах 325 нм, що за даними літератури обумовлений присутністю у екстракті рутину.

Слід зазначити, що на спектрі поглинання етанольного екстракту з цієї сировини другий пік знаходився за довжини хвилі 363 нм. Згідно даних літератури він також належить рутину.

Спектр поглинання водного екстракту з листя смородини, суниці, малини, меліси та пагонів чорниці мав три піки: 1-ий — за довжини хвилі 211 нм (відповідає кверцетину), 2-й — у межах 285 нм, що може свідчити про присутність у екстракті антоціанів, 3-й — 515 нм, характерний для катехінів (дані не наведено).

Визначено загальний вміст фенольних сполук у водних екстрактах, отриманих 10-, 20-, 30-, 40-, 50- і 60-хвилинною експозицією. Як стандарт використовували галову кислоту. Результати представлено на рис. 2.

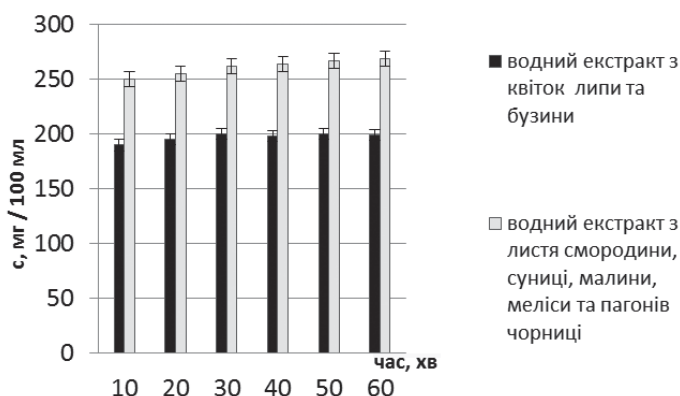


Рис 2. Залежність вмісту фенольних сполук у водних екстрактах від тривалості екстрагування

Як видно з даних рисунку, протягом усього часу екстрагування вміст фенольних сполук практично не змінюється, залишаючись на рівні 200 мг на 100 мл екстракту з композиції №2 та 270 мг на 100 мл екстракту з фітокомпозиції № 1. Аналогічні залежності одержано для спиртового та сироваткового екстрактів з цієї ж сировини (дані не наведено).

У водних екстрактах визначено вміст (мг на 100 мл) суми катехінів (за *d*-катехіном), дубильних речовин (за таніном) та флавонових глікозидів (за рутинном), які склали відповідно $19,3 \pm 0,03$, $68,1 \pm 0,03$, $85,4 \pm 0,05$ у екстракті з композиції №2; $31,4 \pm 0,02$, $85,0 \pm 0,04$, $87,4 \pm 0,06$ — у екстракті з композиції №1. Отже, вміст сполук фенольної природи у екстракті з листя рослин є більшим за такий з квіток липи та бузини.

Оскільки антиоксиданти фенольного типу є акцепторами радикалів, активність екстрактів з лікарських рослин досліджено в реакції взаємодії із ста-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

більшим хромоген-радикалом дифенілпікрілгідразилом (ДФПГ). Результати представлено на рис. 3. Можна відмітити, що усі зразки проявляють високу антирадикальну здатність, при цьому активність екстрактів з цвіту бузини та липи (79%) та з листя рослин (88%) відносно радикалу ДФПГ вища за таку контрольного розчину (62%).

Достовірної різниці між значеннями антирадикальної активності екстрактів, одержаних 10-ти, 20-ти 30-ти та 40-ахвилинною експозицією, не виявлено (рис.4).

Визначено концентрацію розчинів екстрактів з квіток, листя та аскорбінової кислоти, що забезпечують 50%-ве знешкодження ДФПГ: вони склали 7,8, 5,7 та 9,5 мкг/мл відповідно.

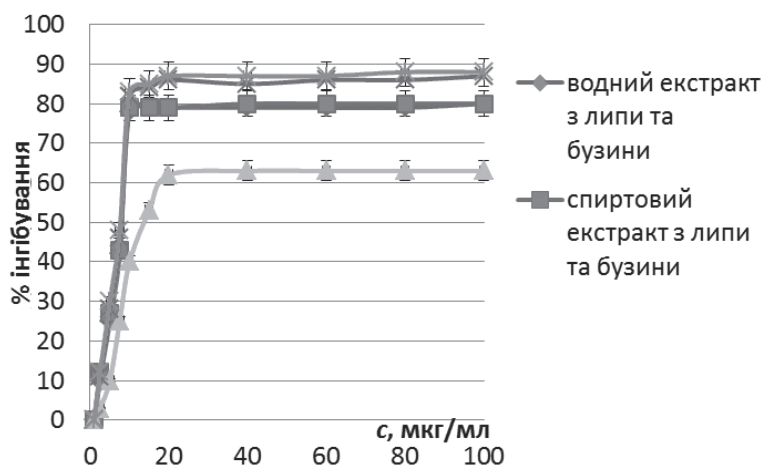


Рис. 3. Ступінь інгібування вільнорадикальної активності ДФПГ екстрактами

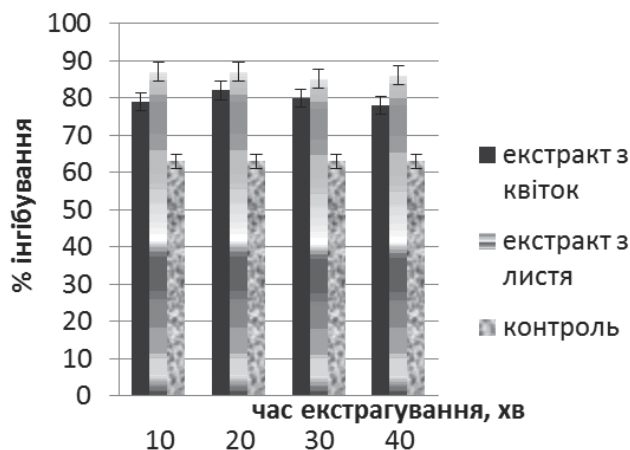


Рис. 4. Залежність антирадикальної активності водних екстрактів від тривалості екстрагування (контроль — розчин аскорбінової кислоти)

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Враховуючи дані літератури [2, 3] та результати власних досліджень, можна стверджувати, що активність екстрактів по відношенню до радикала ДФПГ обумовлена наявністю фенольних сполук різної будови та аскорбінової кислоти.

Висновки. Проблема антиоксидантного захисту організму людини є актуальною впродовж останніх кількох десятиріч. Серед заходів, спрямованих на її вирішення, є розвиток виробництва продуктів з високою харчовою цінністю, що володіють антиоксидантною дією. Доцільним є використання препаратів з рослин, що завдяки вмісту антиоксидантних комплексів демонструють потужну протипухлинну, гепатопротекторну, антивірусну та бактерицидну дію. Проведені дослідження показали, що екстракти з квіток липи та бузини, листя малини, суніці, смородини, меліси та пагонів чорниці містять фенольні сполуки, володіють вираженою антиоксидантною активністю та можуть являти інтерес як майбутні компоненти продуктів профілактичної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity // *Lebensm. Wiss. Technol.* — 1995. — 28. — P. 25–30.
2. Triantaphyllou K., G. Blekas, D. Boskou *Antioxidative properties of water soluble extracts obtained from herbs of the species Lamiaceae* // *Int. J. Food Sci. Nutr.* — 2001. — V. 52. — P. 313–317.
3. Kulisic T., Dragovic-Uzelac V., Milos M. *Antioxidant activity of aqueous tea infusions prepared from Oregano, Thyme and Wild Thyme* // *Food Technol. Biotechnol.* — 2006. — V. 44, №4. — P. 485–492.
4. Seifried H.E. *et al.* A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species // *J. Nutr. Biochem.* — 2007. — 18(9). — P. 567–579.
5. Wagner H., Bladt S. *Plant drug analysis. A thin layer chromatography atlas.* — 2nd ed. — Berlin, Heidelberg, N.Y.: Springer-Verlag, 2001. — 389 p.
6. Георгиевский В. П., Комиссаренко Н. Ф., Дмитрук С. Е. *Биологически-активные вещества лекарственных растений.* — Новосибирск: Наука, Сиб отд., 1990. — 333 с.
7. Ермаков А.И., Арасимович В.В. *Методы биохимического исследования растений.* — Л.: Агропромиздат. — 1987. — 430 с.
8. Романова С. В., Ковальов С. В. Кількісне визначення фенольних сполук // *Вісник фармації.* — 2009. — № 2. — С. 24 — 26.
9. Соколов С.Я. *Фитотерапия и фитотерапевтика: Руководство для врачей.* — М.: Медицинское информационное агенство, 2000. — 975 с.

Надійшла до редколегії 07.02.2011 р.

УДК 577.155.1

В.Г. Юкало, д-р біол. наук
Л.А. Сторож
Тернопільський державний
технічний університет
ім. І. Пулюя

ПРОТЕОЛІТИЧНА АКТИВНІСТЬ ПРИКЛІТИННИХ І ВНУТРІШНЬОКЛІТИННИХ ФЕРМЕНТІВ У ЛАКТОКОКІВ

Запропоновано новий підхід до визначення протеолітичної активності молочнокислих бактерій. Метод може бути корисним для селекції лактококів з різною протеолітичною активністю приклітинних і внутрішньоклітинних ферментів.

Ключові слова: лактококи, протеоліз, протеолітична активність, протеїнази, гіркі пептиди.

The new approach for investigation of the lactic acid bacteria proteolytic activity has been suggested. The method may be useful for selection of lactococci with different proteolytic activity of wall-bond and intracellular enzymes.

Key words: lactococci, proteolysis, proteolytic activity, proteinases, bitter peptides.

Клітини лактококів характеризуються складною протеолітичною системою, до якої входять протеїнази різної локалізації. Їх поділяють на приклітинні, мембранні і внутрішньоклітинні [6, 9]. Приклітинні протеази відносяться до протеїназ, а внутрішньоклітинні — представлені переважно пептидазами. В молочному середовищі каталітична дія всіх цих ферментів спрямована на розщеплення білків молока (в першу чергу казеїнів) до амінокислот, які в подальшому використовуються клітинами лактококів. Визначення протеолітичної активності лактококів ускладнюється тим, що внаслідок різної локалізації протеолітичних ферментів одна частина продуктів протеолізу потрапляє у живильне середовище, а інша знаходиться в клітинах і використовується ними для синтезу білків. Врахувати всі компоненти цих продуктів з метою визначення протеолітичної активності лактококів практично неможливо. Існуючі методи дозволяють оцінити продукти протеолізу, що залишаються в середовищі, а також частково пептиди і амінокислоти в клітинах. На практиці, зокрема при виробництві ферментованих молочних продуктів, важливе значення має як загальна активність протеолітичної системи лактококів, так і співвідношення активностей приклітинних і внутрішньоклітинних протеаз лактококів. Тому метою даної роботи є дослідження співвідношення активностей протеолітичних ферментів лактококів різної локалізації.

У роботі використовували штами лактококів підвиду *Lactococcus lactis subsp. lactis* (I₃, I₅, I₆, I₇, I₈, I₉, I₁₀, I₁₁, I₁₂, I₁₇, I₁₉), які культивуються на кафедрі харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Пересіви мікроорганізмів у знежирене стерилізоване молоко здійснювали через 20 днів. Зберігали лактококи при температурі 4°C. Протеолітичну активність лактококів визначали за методом М.В. Залашка [2]. Оптичну густину забарвлених продуктів протеолізу визначали на спектрофотометрі СФ-46 при довжині хвилі 650 нм. Значення оптичної густини перераховували на вміст тирозину і триптофану в мг % за калібрувальним графіком. У роботі показано середні результати 5-7 вимірювань. Концентрацію молочної кислоти визначали за методом [6] і виражали її у градусах Тернера (°Т) [1]. Загальну кількість життєздатних клітин лактококів визначали посівом у чашки Петрі з агаризованим гідролізованим молоком. Здатність штамів утворювати гір-

© В.Г. Юкало, Л.А. Сторож, 2011

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

кі пептиди з білків казеїнового комплексу встановлювали методом [3]. Попередньо культури вирощували в молоці із стерильним розчином сичужного ферменту і крейдою при 30°C протягом 7 днів.

У роботі для детальнішого вивчення протеолітичних властивостей лактококів були використані окремі штами підвиду *Lactococcus lactis subsp. lactis* з різним рівнем протеолітичної активності. Протеолітичну активність визначали через кожні 12 годин протягом десяти діб при культивуванні трьох штамів (1₇, 1₁₂, 1₁₉), які можна віднести до сильних протеолітів, та двох штамів (1₉, 1₁₀), які можна віднести до слабких протеолітів відповідно до класифікації М.В. Залашка [2]. Результати визначень показані на рис. 1. Залежно від зміни протеолітичної активності можна виділити декілька періодів у процесі розвитку лактококів. Перший період (0-48 годин) характеризується різким збільшенням продуктів протеолізу в середовищі. Після цього настає коротка стабілізація протеолітичної активності (48-72 години). Для обох слабких протеолітів цей період затягується до 96 годин. Далі

спостерігається друге збільшення протеолітичної активності (72-168 годин). Після семи діб інкубування настає четвертий період, під час якого протеолітична активність зростає дуже повільно. Деяко іншим є характер залежності активності кислотоутворення від тривалості культивування досліджуваних штамів (рис.2). Різкі зміни у швидкості кислотоутворення відсутні до моменту досягнення максимальної концентрації молочної кислоти в середовищі.

Для пояснення отриманих результатів на різних етапах культивування кожного із штамів визначали кількість життєздатних клітин (рис.3). Виявилось, що на початку інкубування наростання протеолітичної активності корелює з кількістю життєздатних клітин лактококів. На час закінчення зростання концентрації молочної кислоти в середовищі спостерігається максимальна кількість клітин для всіх п'яти штамів. Друге підвищення протеолітичної активності виявляється при зменшенні в середовищі кількості життєздатних клітин. Їх кількість зменшується до десятків тисяч в 1 мл внаслідок інтенсивного відмирання. Така динаміка росту лактококів по-різно-

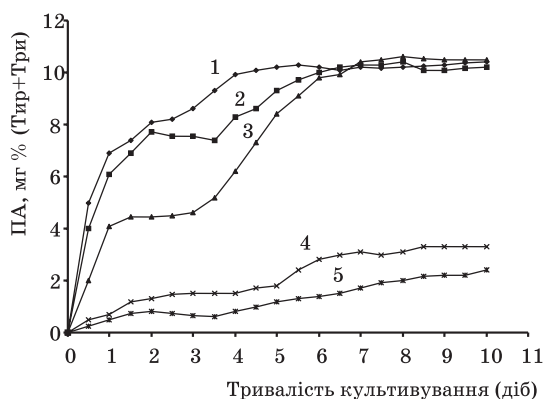


Рис.1. Залежність протеолітичної активності штамів *Lac. lactis subsp. lactis* від тривалості культивування: 1 — штам 1₁₂, 2 — штам 1₇, 3 — штам 1₁₉, 4 — штам 1₉, 5 — штам 1₁₀

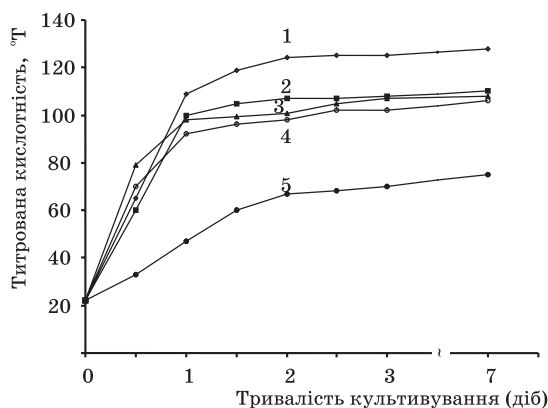


Рис. 2. Зміна титрованої кислотності у живильному середовищі при культивуванні лактококів *Lac. lactis subsp. lactis*: 1 — штам 1₁₉, 2 — штам 1₁₂, 3 — штам 1₇, 4 — штам 1₁₀, 5 — штам 1₉

му відображається на процесах протеолізу білків середовища та продукуванні молочної кислоти. Очевидно, це можна пояснити різною локалізацією ферментів, які каталізують вказані процеси. Причому, ферменти, які відповідають за утворення молочної кислоти, містяться всередині клітин лактококів, а протеолітичні ферменти лактококів поділяють на позаклітинні (приклітинні і мембранні) та внутрішньоклітинні [6]. Зважаючи на це динаміку зміни протеолітичної активності можна пояснити так. Перше зростання протеолітичної активності лактококів обумовлене дією приклітинних і мембранних протеаз. Друге зростання пов'язане із дією внутрішньоклітинних ферментів і виходом продуктів протеолізу з клітин у середовище внаслідок їх відмирання і лізису, що узгоджується з літературними даними [8].

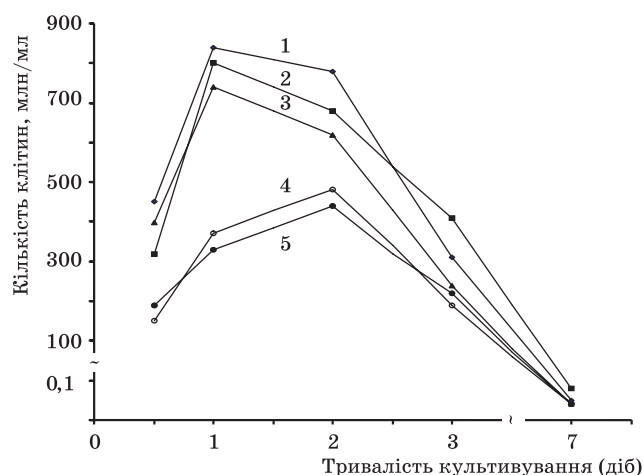


Рис. 3. Залежність кількості клітин лактококів *Lac. lactis subsp. lactis* від тривалості культивування:
 1 — штам l_{19} , 2 — штам l_{12} , 3 — штам l_7 ,
 4 — штам l_{10} , 5 — штам l_9

Відомо, що при виробництві ферментованих молочних продуктів під час відбору лактококів до складу стартових культур враховують їх загальну протеолітичну активність [5]. Висока загальна протеолітична активність лактококів є найважливішою умовою інтенсивного росту лактококів, а також високого рівня кислотоутворення. Разом з тим, іншою важливою характеристикою їх протеолітичних систем є співвідношення активностей позаклітинних і внутрішньоклітинних протеаз. Було показано, що приклітинні протеїнази розщеплюють білки казеїнового комплексу (у першу чергу це стосується β -казеїну) з утворенням гірких пептидів [4], що є небажаним у виробництві окремих ферментованих молочних продуктів. Утворені гіркі пептиди можуть розщеплюватися до амінокислот внутрішньоклітинними протеазами. Штами лактококів з високою активністю внутрішньоклітинних протеаз забезпечують деградацію гірких пептидів, внаслідок чого знижується рівень гіркого смаку і покращується якість продукту. На відміну від них, лактококи з високою активністю приклітинних протеїназ можуть звільняти більше біологічно активних пептидів з білків казеїнового комплексу молока [7, 10].

У ряді робіт при оцінці співвідношення активності протеолітичних ферментів різної локалізації здійснювали фракціонування клітин лактококів, виділення окремих ферментів, визначення їх активності. Цей процес трудомісткий,

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

довготривалий і не може бути застосований у випадку тестування великої кількості штамів при відборі їх для внесення у закваски. В зв'язку з цим нами запропоновано проводити оцінку локалізації ферментів лактококів за співвідношенням загальних протеолітичних активностей, визначених на другу (PA_2) і сьому (PA_7) добу їх культивування:

$$K_{II} = \frac{PA_7}{PA_2}$$

де K_{II} — умовний критерій протеолітичної активності.

Значення PA_2 відображає переважно активність позаклітинних протеаз лактококів, а PA_7 — внутрішньоклітинних. Необхідно зазначити, що умовний критерій протеолітичної активності не характеризує загальну протеолітичну активність, а лише співвідношення активностей внутрішньоклітинних і приклітинних протеаз. При цьому значення K_{II} може співпадати або бути близьким для активних і слабких протеолітів, тому при відборі штамів лактококів необхідно враховувати дані про загальну протеолітичну активність їх протеаз.

Нами були визначені K_{II} для відібраних одинадцяти штамів лактококів, а також їхня здатність утворювати гірки на смак пептиди при розщепленні казеїнових фракцій. Результати наведені у таблиці.

Таблиця. Залежність здатності лактококів утворювати гірки на смак пептиди з казеїну від співвідношення їх протеолітичних активностей (PA_7/PA_2)

Штами лактококів	Протеолітична активність мг% тирозину і триптофану		Критерій відбору K_{II}	Гіркота середовища на смак* (бали)
	через 2 доби	через 7 діб		
I_3	-0,50	0,25	1,7	0,5
I_5	0,29	0,50	1,7	0,5
I_6	0,37	1,80	4,9	0
I_7	7,80	10,30	1,3	1,0
I_8	1,20	1,90	1,6	1,0
I_9	1,40	2,75	2,0	0
I_{10}	0,80	1,80	2,3	0
I_{11}	0,87	1,70	2,0	<0,5
I_{12}	8,00	10,20	1,3	0
I_{17}	5,00	12,90	2,6	0
I_{19}	4,80	10,60	2,2	0

Примітка. 2,0 бали — сильна гіркота; 1,5 бала — середня гіркота; 1,0 бала — слабка гіркота; 0,5 бала — дуже слабка гіркота; 0 балів — відсутність гіркоти.

Для вказаних штамів значення умовного критерію протеолітичної активності знаходиться в межах від -0,5 до 4,9. Як правило, чим більше значення K_{II} , тим менше утворюється гірких пептидів у культуральному середовищі. При значеннях $K_{II} > 2$ спостерігається відсутність гіркоти в середовищі. Це може бути викликне меншим утворенням їх під час протеолізу казеїнів приклітинними протеїназами або розщепленням гірких пептидів внутрішньоклітинними протеолітичними ферментами лактококів.

Висновки. На основі дослідження динаміки зміни протеолітичної активності лактококів на різних етапах їх культивування в молочному середовищі запропоно-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

вано умовний критерій, який дозволяє оцінити співвідношення активностей протеолітичних ферментів різної локалізації. Такий критерій можна використовувати при підборі штамів лактококів для внесення до складу бактеріальних заквасок з метою запобігання утворенню гірких на смак пептидів при виробництві ферментованих молочних продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Банникова Л.А. Микробиологические основы молочного производства / Л.А. Банникова, Н.С. Королева, В.Ф. Семенихина. — М.: Агропромиздат, 1987. — 400 с.
2. Залашко М.В. Исследование протеолитической активности молочнокислых бактерий / М.В. Залашко, Н.В. Образцова, Е.И. Савченко // Физиология и биохимия микроорганизмов. — Минск: Наука и техника, 1970. — С. 121–128.
3. Мюнх Г.Д. Микробиология продуктов животного происхождения: Пер. с нем. / Г.Д. Мюнх, Х. Заупе, М. Шрайтер. — М. : Агропромиздат, 1985. — 592 с.
4. Farkye N.Y. Proteolysis and flavor development in cheddar cheese made exclusive with single strain proteinase-positive or proteinase-negative starters / N.Y. Farkye, P.F. Fox, G.F. Fitzgerald // Journal of Dairy Science. — 1990. — Vol. 73, № 4. — P. 874–880.
5. Fox P.F. Proteolysis in cheese during ripening / P.F. Fox, P.L.H. Mc Sweeney // Food Rev. Int. — 1996. — Vol. 12. — P. 457–509.
6. Law B.A. Proteolytic enzymes of lactic acid bacteria / B.A. Law, A. Handrikman // Int. Dairy J. — 1997. — Vol. 7, № 1. — P. 1–11.
7. Meisel H. Bioactive peptides encrypted in milk proteins: proteolytic activation and thropho-functional properties / H. Meisel, W. Bochemmann // Antonie van Leeuwenhoek. — 1999. — Vol. 76. — P 207–215.
8. Ohmiya K. Studies on the proteolytic action of dairy lactic acid bacteria. Part XI / K. Ohmiya, Y. Sato // Agric. Biol. Chem. — 1970. — Vol. 34, № 10. — P. 1463–1469.
9. Thomas T.D. Proteolytic enzymes of dairy starter cultures / T.D. Thomas, G. Pritchard // FEMS Microbiology Rewiews. — 1987. — Vol. 46, № 3. — P. 245–268.
10. Yukalo V.G. The obtaining of bioactive peptide material from product of proteolysis α_s - and β -casein / V.G. Yukalo, B.L. Luhovyv // Journal of Peptide Science. — 2002. — Vol. 8. — P. 185.

Надійшла до редколегії . .2011 р.

УДК 664.1-663

Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук
Національний університет
харчових технологій

БІОФЛАВОНОЇДИ У СИСТЕМІ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР

Обґрунтовано вибір біофлавоноїдів як найбільш ефективних антиоксидантів з групи мономерних фенольних сполук; з'ясовано антиоксидантну роль біофлавоноїдів у функціонуванні живих організмів та рослин. Вивчено ряд лікарських рослин та експериментально встановлено ступінь вилучення з них біоантиоксидантів.

Ключові слова: біофлавоноїди, фенольні сполуки, біомембрани, антиоксиданти, вільні радикали, екстрагування, водно-спиртові розчини, настоянки.

There are elucidated the main tendencies in the system of biological structures' (particularly the tissue lipids) protection from the harmful influence of free radicals and peroxides, and in the choice of natural plant components for creating the new healthy foodstuff with antioxidant action.

Key words: lipids, biomembranes, antioxidants, free radicals, peroxides, free radical oxidation.

Роботу присвячено науковому обґрунтуванню вибору певних видів лікарських рослин з підвищеним вмістом біофлавоноїдів та вивченню ступеню їх вилучення різними екстрагентами.

Вибір цього напрямку досліджень має об'єктивні причини, пов'язані зі встановленим фактом ушкоджуючої дії надмірної кількості вільних радикалів на біологічні структури організму людини. Активні форми кисню, супероксиди, перекиси тощо негативно впливають на функції білків, ферментів, біоантиокислювачів. Ушкодження в структурі ДНК клітин справляє негативну дію на процеси реплікації і транскрипції тощо. Цей перелік постійно розширюється, що спонукає до пошуку нових ефективних природних джерел протидії утворенню високих концентрацій вільних радикалів.

Комплекси природних антиоксидантів із лікарських та сільськогосподарських рослин здатні підтримувати захисні функції антиоксидантної системи організму людини; посилювати її можливість контролювати та інгібувати всі етапи вільнорадикальних реакцій, запобігати надлишковому синтезу вільних радикалів, підтримувати незмінність структури генетичного матеріалу і складових компонентів мембран [1].

Тому дана робота є **актуальною** і наведені в ній результати розширюють уяву науковців про фенольні сполуки рослин і можливість їх вилучення для створення концентратів біофлавоноїдів.

Метою роботи є з'ясування ролі біофлавоноїдів у системі захисту живих організмів та рослин від ушкоджуючої дії вільнорадикальних процесів і можливість їх вилучення із сировини в екстракти різного складу.

Дослідження останніх років підтверджують, що однією з основних причин патологічних процесів в організмі є надлишкове нагромадження вільних радикалів кисню [2].

Проблема гальмування процесу окиснювального псування харчових продуктів є також однією із головних у харчовій промисловості.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Пошуки дешевих, нетоксичних, стійких інгібіторів окислення (антиоксидантів) продовжуються в усьому світі. Проте майбутнє цієї проблеми за природними антиоксидантами — біоантиоксидантами, тому що вони відіграють надзвичайно велику роль у захисті біологічних структур від окислення [3].

Ця група антиокислювальних речовин є необхідним компонентом усіх тканин та клітин живих організмів, де вони в нормальних фізіологічних концентраціях підтримують на постійно низькому рівні вільнорадикальні аутоокислювальні процеси. Природно, що введення в організм людини разом із харчовими продуктами таких антиоксидантів є нешкідливим, безпечним і надзвичайно корисним.

Людина в силу особливостей біохімічних функцій свого організму або не здатна синтезувати достатню кількість сполук-інгібіторів, або має їх в організмі в обмеженій кількості, тому основні антиоксиданти повинні надходити з їжею. Одним з найбільш важливих класів антиоксидантів їжі є поліфенольні антиоксиданти (речовини Р-вітамінної активності), яким у даний час надається особлива увага.

Важливим чинником є також наявність в багатьох рослинах комплексів вітамінів антиоксидантної дії, їх ефективного синергічного взаємозв'язку з поліфенольними сполуками, присутності інших біологічно активних речовин. Це є переконливим аргументом використання лікарських та сільськогосподарських рослин в якості джерел біофлавоноїдів.

Протягом багатьох років пошуки ефективних антиоксидантів ведуться серед штучних хімічних сполук, проте їх використання суперечить безпеці харчових продуктів. Штучні антиоксиданти продовжуватимуть гальмувати окиснювальну деструкцію компонентів продуктів в процесі травлення.

Тому вкотре науковці приходять до думки, що з метою гальмування утворення надмірних концентрацій вільних радикалів у живому організмі необхідно надавати перевагу біоантиоксидантам, і передусім, речовинам Р-вітамінної активності. В цьому напрямі успішно працюють вітчизняні (І.Чекман, В.Барабой, І.Вальчук, М.Ватутін, Н.Максютіна та ін.), та зарубіжні (В.Довгих, Ф.Комаров, Н.Соколова, В.Тутельян) учені.

Сьогодні основним джерелом отримання речовин Р-вітамінної активності є чайний лист, однак можливість його подальшого використання з цією метою практично вичерпана, оскільки харчова промисловість знайшла способи повної його утилізації.

Препарати рутину отримують, в основному, із бутонів софори японської і до медичної практики введено спиртову настоянку плодів софори — “Софорин”. Однак за цим природним джерелом біоантиоксидантів Україна не має належної сировинної бази. Сировинні ресурси цитрусових в Україні зовсім обмежені, а гесперидин — основна діюча речовина у складі біофлавоноїдів — недостатньо вивчена.

Отже, на сьогодні практично відсутні достатньо вивчені, економічно вигідні та ефективні з точки зору біологічної активності джерела сировини для отримання достатньої кількості природних антиоксидантних сполук, придатних для використання у харчовій промисловості при створенні нового покоління продуктів антиоксидантного спрямування.

Результати виконаних нами попередніх досліджень свідчать про можливість і доцільність виробництва вітаміновмісних композицій з превалюючим антиоксидантним впливом із зеленої маси рослин. Відомі, наприклад, способи отримання рутину із листя та суцвіть гречки. В зелених листях рослин ми виявили також значні концентрації токоферолів — комплексу найпотужнішого антиоксиданта — вітаміну Е. За нашими попередніми даними вітаміну Е у листі кропиви міститься від 460 до 610 мг%; у листі черемші — від 390 до 780 мг%; у листі шипшини — від 270 до 480 мг% [4, 5].

Таким чином, на основі аналізу літературних даних вітчизняних та зарубіжних авторів констатовано, що саме біоантиоксиданти є найбільш ефектив-

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

ним природним засобом захисту біологічних структур організму людини від надмірної кількості вільних радикалів — активних форм кисню, супероксидів, перекисів тощо.

Більш того, найбільш доцільним і раціональним є підбір тих рослинних матеріалів, що відзначаються значними концентраціями мономерних фенольних сполук. Тому в нашій роботі основна увага приділяється біофлавоноїдам.

По-перше, ця група фенольних сполук є найбільш розповсюдженою і представленою у певних видах рослин у максимальних концентраціях. По-друге, саме біофлавоноїди нині розглядають в якості найважливіших біорегуляторів рослинного походження. По-третє, ключовою властивістю біофлавоноїдів є їхня здатність гальмувати розвиток синдрому перекисації. Він, на жаль, носить універсальний характер, є основним чинником патогенезу практично всіх захворювань і виявляється при будь-якому виді стресу або інтоксикації.

Завдяки науковим дослідженням інтенсивно розширюється спектр рослин з високим вмістом антиоксидантів, і це дає можливість пропонувати їх як для захисту харчових продуктів від неферментативного окиснення, так і для конструювання та виробництва на їхній основі функціональних харчових продуктів з компонентами антиокислювальної дії.

При збагаченні традиційних харчових середовищ біоантиоксидантами слід враховувати той факт, що вони виявляють синергічну дію. Наприклад, у зв'язку з тим, що в молекулі аскорбінової кислоти містяться полярні і неполярні групи, вона взаємодіє як із глутатионом (трипептидом), так і з ліпідними антиоксидантами, посилюючи їх антирадикальну активність.

Завдяки цьому антиперекисний механізм антиоксидантної системи у складі нових харчових продуктів забезпечуватиме нейтралізацію надмірної кількості вільних радикалів і продуктів вільнорадикальних процесів. На сьогодні відомо, що провідну роль у цьому механізмі відіграють високомолекулярні біоантиоксиданти — супероксиддисмутаза, глутатіонпероксидаза, каталаза та інші ферменти.

Найважливішою ж властивістю поліфенольних сполук з точки зору антиоксидантної активності є їхня здатність перетворюватися з окиснених форм у відновлені, тобто з хінонних — у фенольні, що зумовлює їхню участь в окисно-відновних реакціях вільнорадикальних процесів.

В якості предметів дослідження в роботі обрано такі рослинні матеріали: кропива дводомна (*Urtica*), листя буряка звичайного (*Beta vulgaris*), бутони гвоздичного дерева (*Syzygium aromaticum*), душиця звичайна (*Origanum vulgare*), меліса лікарська (*Melissa officinalis*), м'ята перцева (*Mentha piperita* L.), перець (*Piper*), чабер духмянний (*Satureja hortensis*), шавлія лікарська (*Salvia officinalis*), ягоди та листя бузини чорної (*Sambucus nigra*), лист смородини чорної (*Ribes nigrum*), трава звіробою (*Hypericum perforatum* L.), бруньки берези повислої (*Betula pubescens*), квітки ромашки (*Chamomilla recutita*), трава череди (*Bidens tripartita* L.), листя шавлії (*Salvia*), трава пустинника (*Herba Leonuri*), кора дуба (*Quercus robur*), квітки цмину (*Helichrysum arenarium* L. Moench.), квітки нагідок (*Calendula officinalis* L.).

Для кількісного визначення вмісту суми флавоноїдів використовували метод спектрофотометрування продуктів реакції комплексоутворення з хлоридом алюмінію. Оскільки при цьому відбувається багатохромний зсув першої смуги поглинання флавоноїдів з 330...350 нм до 390...410 нм, це дає можливість використати в якості контролю досліджуваній розчин без реактиву ($AlCl_3$) і тим самим виключити можливий вплив забарвлених супутніх речовин.

Вміст суми флавоноїдів (x) у перерахунку на рутин (в %) обчислювали за формулою 1.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

$$X = \frac{D \cdot 0,00002 \cdot 25 \cdot 100}{D_0 \cdot a}, \quad (1)$$

де: D — оптична густина досліджуваного розчину; D_0 — оптична густина розчину рутину; $0,00002$ — вміст рутину в 1 мл розчину; a — об'єм настою (відвару), взятого для аналізу. Результати визначення ступеню вилучення флавоноїдів із сировини в настої досліджуваних рослинних матеріалів наведено в табл. 1, а у відвари — у табл. 2

Таблиця 1. Ступінь вилучення суми флавоноїдів із рослинних матеріалів у настої

№ п/п	Найменування сировини	Співвідношення сировина : вода	Вміст флавоноїдів, мг/%		Ступінь вилучення флавоноїдів, %
			У сировині	У настоях	
1	Листя м'яти	5:200	1,281	0,233	18,2
2	Листя м'яти	10:200	1,281	0,343	26,8
3	Листя м'яти	15:200	1,281	0,415	32,4
4	Трава пустирника	5:200	0,462	0,022	4,7
5	Трава пустирника	10:200	0,462	0,035	8,4
6	Трава пустирника	15:200	0,462	0,053	11,6
7	Трава череди	5:200	1,470	0,388	26,6
8	Трава череди	10:200	1,470	0,433	29,5
9	Трава череди	15:200	1,470	0,556	37,8

Таблиця 2. Ступінь вилучення суми флавоноїдів із рослинних матеріалів у відвари

№ п/п	Найменування сировини	Співвідношення сировина : вода	Вміст флавоноїдів, мг/%		Ступінь вилучення флавоноїдів, %
			у сировині	у відварах	
1	Листя м'яти	5:200	1,281	0,257	20,1
2	Листя м'яти	10:200	1,281	0,346	27,0
3	Листя м'яти	15:200	1,281	0,564	39,4
4	Трава пустирника	5:200	0,462	0,023	4,9
5	Трава пустирника	10:200	0,462	0,056	12,1
6	Трава пустирника	15:200	0,462	0,090	19,6
7	Трава череди	5:200	1,470	0,472	32,1
8	Трава череди	10:200	1,470	0,535	36,4
9	Трава череди	15:200	1,470	0,658	44,8

Порівняльний аналіз даних таблиць дає можливість зробити ряд висновків: для кожної із досліджуваних видів рослин при збільшенні співвідношення сировина : вода ступінь вилучення флавоноїдів зростає. Наприклад: для листя м'яти при гідромодулі 5 : 200 він становить 18,2 %, а при гідромодулі 15 : 200 цей показник зростає до 32,4 %.

Із досліджуваних видів сировини найбільше флавоноїдів містить трава череди і відповідно з цієї лікарської рослини максимальний ступінь вилучення флавоноїдів досягає майже 38 % для настоїв і 44,8 % — для відварів.

У відварах для одного і того ж виду сировини при будь-якому співвідношенні сировина : вода ступінь вилучення флавоноїдів більший, ніж у настоях. Наприклад: для листя м'яти за однакових умов в екстрагент переходить 32,4 % флавоноїдів при приготуванні настоїв і 39,4 % флавоноїдів при приготуванні

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

відварів. Така закономірність свідчить про те, що збільшення тривалості нагрівання сировини з водою з 15 до 30 хв. сприяє додатковому переходу флавоноїдів в водний розчин.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що загалом при отриманні водних настоїв та відварів ступінь вилучення суми біофлавоноїдів у більшості лікарських рослин не досягає навіть 30% від їхнього вмісту у сировині. Тому подальшим етапом досліджень постало з'ясування ефекту виходу флавоноїдів у екстрагент при використанні водно-спиртових розчинів.

Виявилось, що при використанні водно-спиртових екстрактів значно зріс ступінь виходу біофлавоноїдів у екстрагент і для листя шавлії, квіток цмину, квіток бузини, листя м'яти та трави череди цей показник переважає 60 %, а для трави звіробою — 85 %.

За ступенем вилучення біофлавоноїдів з лікарської сировини водно-спиртовими розчинами досліджувані трави можна розмістити в такій послідовності (табл. 3).

Підвищення ступеню вилучення біофлавоноїдів при використанні водно-спиртових екстрактів свідчить про те, що досліджувані нами рослини містять широкий спектр різних флавоноїдів, одні з яких розчиняються у воді, а інші — у спирті.

Оскільки у шроті лікарських рослин як після екстрагування водою, так і водно-спиртовими екстрагентами залишається досить значна кількість біофлавоноїдів, шрот можна використовувати для виробництва таблетованих порошків, гранул та інших форм біологічно активних добавок до їжі.

Таблиця 3. Ступінь вилучення біофлавоноїдів з лікарської сировини

Найменування сировини	Вміст СР, %	Оптична густина, од. опт.густ	Вміст біофлавоноїдів, мг%		Ступінь вилучення біофлавоноїдів, %
			у сировині	у настоянках	
1.Трава звіробою	2,8	0,38	3,890	3,286	84,48
2.Листя м'яти	4,0	1,68	1,281	0,885	69,06
3.Квіти цмину	2,0	0,49	1,685	1,159	68,81
4.Трава череди	3,6	1,53	1,470	0,996	67,74
5.Листя шавлії	3,3	1,42	0,634	0,409	64,62
6.Квіти бузини чорної	4,0	1,88	2,638	1,702	64,52
7.Квіти нагідок	3,2	1,72	2,980	1,175	39,44
8.Кора дуба	2,0	0,99	0,404	0,159	39,32
9.Квіти ромашки	3,8	1,44	0,472	0,139	29,46
10.Трава пустирника	3,8	1,44	0,462	0,132	28,63
11.Бруньки берези	1,7	0,47	0,825	0,203	24,62

Висновки. Важливе місце в позитивному рішенні проблеми захисту біологічних структур приділяється насамперед антиоксидантам їжі. Споріднені до організму людини речовини (на відміну від фармпрепаратів), входячи до складу харчових комплексів, легкодоступних і засвоєваних організмом, є найважливішою ланкою будови й ефективного функціонування системи антиоксидантного захисту. У свою чергу успішне функціонування цієї системи є необхідною передумовою цілісності найважливіших субклітинних біоструктур — мембран і ядерного геному, що лежать в основі забезпечення здорового, активного, творчого довголіття. Інтерес до фенольних сполук, до їхньої біологічної дії викликаний широким, практично загальним поширенням у рослинному світі, наявністю в цього класу речовин досить високої й різноманітної хімічної, біохімічної й фізіологічної активності.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

При розробленні нових харчових продуктів, збагачених біофлавоноїдами, необхідно ґрунтуватись на позитивній медичній оцінці біофлавоноїдів в опублікованих експериментальних роботах щодо їх антиоксидантної активності, хелатуючих властивостей стосовно міді та заліза, противірусних, антибактеріальних, антимуtagenних властивостях, можливості цих речовин виступати в якості модуляторів ферментів. Завдяки цим властивостям біофлавоноїди сьогодні віднесено до есенціальних, незамінних для організму людини, що і є теоретичним підґрунтям даної роботи. Використання водно-спиртових розчинів дає можливість досягти високого ступіня переходу біофлавоноїдів в екстракт і, наприклад, для трави звіробою цей показник зростає із 52,4% до 85 %. Оптимальним є співвідношення води і спирту 30 : 70.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Gordon, M.H.* Antioxidant activity of flavonoids isolated from licorice / Gordon, M.H., Ail, J. // *Int. News Fats, Oils and Relat. Mater.* — 1994. — №4. — P. 519-577.
2. *Барабой В.А.* Окислительно-антиоксидантный гомеостаз в норме и патологии / В.А. Барабой, Д.А. Сутковой. — К. : Чернобыльинтеринформ, 1997. — 413 с.
3. *Запрометов М.Н.* Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / Запрометов М.Н. — М. : Наука, 1993. — 272 с.
4. *Симахина Г.А.* Растительные антиоксиданты в системе регулирования свободнорадикального окисления / Симахина Г.А. // *Продукты и ингредиенты.* — 2008. — №3. — С.100-103.
5. *Сімахіна Г.О.* Біоантиоксиданти — необхідні компоненти оздоровчого харчування / Сімахіна Г.О. // *Наукові праці НУХТ, 2008.* — №25. — С.104-107.

Надійшла в редколегію 25.01.2011 р.

УДК 664.1.002.386:664.65

*В.В. Дорохович, д-р. техн. наук
Київський національний
торгівельно-економічний
університет*

*В.М. Ковбаса, д-р. техн. наук
Національний університет
харчових технологій*

ВПЛИВ ЦУКРОЗАМІННИКІВ НА УТВОРЕННЯ ТІСТОВИХ МАС КОАГУЛЯЦІЙНО- ПАСТОПОДІБНОЇ, КОАГУЛЯЦІЙНО- КРИСТАЛІЗАЦІЙНОЇ, КОАГУЛЯЦІЙНО-ПІНОПОДІБНОЇ СТРУКТУРИ

В статті досліджено та науково обґрунтовано вплив цукрозамінників (фруктози, глюкози, сорбіту, лактитолу, ізомальту) на формування тістових мас коагуляційно-кристалізаційної структури (тісто для здобного печива), коагуляційно-пастоподібної структури (тісто для кексів), коагуляційно-піноподібної слабкоструктурованої структури (бісквітне тісто), коагуляційно-піноподібної сильноструктурованої структури (для білково-збивного печива та тістечок).

***Ключові слова:** цукрозамінники, тістові маси, структурно-механічні властивості*

Effect of sugar substitutes (fructose, glucose, sorbitol, lactitol and isomalt) on the formation of different structures of dough masses: crystallization-flocculation structure (viennoiserie), paste-flocculation structure (fruitcakes), semistructured foam-flocculation structures (sponge cakes), wellstructured foam-flocculation structures (whipped-wheat cakes) is investigated and grounded.

***Key words:** sugar substitutes, dough masses, structures*

На сьогоднішній день в світі та в Україні з кожним роком збільшується кількість хворих на цукровий діабет. В Україні кількість хворих зареєстрованих хворих досягає 1 млн. осіб. Медики вважають, що цю цифру потрібно збільшити щонайменше у двічі, оскільки на ранніх стадіях людина не завжди знає про існуючу проблему з здоров'ям і, відповідно, не стає на диспансерний облік. Дієто-терапія має одне з вирішальних значень у комплексному лікуванні хворих на цукровий діабет [1,14]. Вона повинна бути адекватною до фізіологічних потреб організму з урахуванням віку, статі, маси тіла, інсулінотерапії або цукрознижуючих препаратів, супутніх захворювань, енерговитрат тощо. Хворим на цукровий діабет потрібно зменшувати кількість легкозасвоюваних вуглеводів — моно- та дисахаридів. Обмежуючи кількість легкозасвоюваних вуглеводів у раціоні хворих на цукровий діабет, необхідно брати до уваги той факт, що потяг до солодкого смаку є природним для людини і тому під час розроблення борошняних кондитерських виробів (БКВ) для цієї групи населення потрібно застосовувати цукрозамінники з низьким глікемічним індексом (ГІ) та різних ступіней солодкості, тим самим створюючи різні за інтенсивністю солодкого смаку вироби.

На теперішній час на ринку України з'явилися нові цукрозамінники — лактитол та ізомальт, які мають низький ГІ (3 %) і, внаслідок цього, можуть бути використані при розробленні БКВ для хворих на цукровий діабет. Традиційні та нетрадиційні цукрозамінники мають відмінні від цукру фізико-хімічні та

© В.В. Дорохович, В.М. Ковбаса, 2011

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

технологічні властивості і, ймовірно, по різному впливатимуть на формування структурних властивостей тістових мас.

Здобне (пісочне) тісто відноситься до коагуляційно-кристалізаційних структур. Воно є умовно пластичним тілом, коагуляційні контакти сприяють тікучості, тобто здатності до повільного розвитку значних залишкових деформацій, практично без помітного руйнування просторової сітки. Такі структури є рухливими просторовими сітками. Після розриву сітки, що відбувається під дією прикладеного навантаження, зв'язки у вузлах цих сіток тиксотропно відновлюються у тепловому броунівському русі [12]. Структурно-механічні властивості тіста пов'язані з молекулярною взаємодією у цих тілах, особливостями будови та теплового руху їх структурних елементів, що складають дисперсну фазу, взаємодією цих елементів один з одним та з молекулами дисперсійного середовища. Таким чином, структурно-механічні властивості здобного пісочного тіста характеризуються виникненням у системі властивостей пружних, пластичних, в'язкісних. Властивості міцності системи визначають характер деформаційних процесів та процесів руйнування, що проходять у цих системах.

Тісто для кексів відноситься до мас коагуляційної пастоподібної структури і характеризуються в'язко-паластичними властивостями.

У технологіях борошняних кондитерських виробів процес піноутворення має велике значення, особливо це стосується групи білково-збивних, бісквітних мас. Піна — це дисперсна система, яка складається з чарунок — пухирців газу, розділених плівками рідини або твердим тілом. Структура піни визначається співвідношенням об'ємів повітряної і рідкої фаз. Залежно від цього співвідношення чарунки піни можуть мати сферичну чи багатогранну (поліедричну) форму. Геометрична форма пухирців повітря у піні залежить від співвідношення об'ємів дисперсної фази та дисперсного середовища, ступеню полідисперсності піни та способу пакування пухирців. У монодисперсній піні деформація сферичних пухирців з виникненням плівок у місцях контакту розвивається, якщо вміст газу в системі досягає ~ 50 %. У полідисперсній піні перехід до поліедричної форми починається, як стверджують деякі вчені [13], при кратності піни $n > 4$. На думку П.М. Круглякова та Д.Р. Ексерової [8], перехід до поліедричної форми починається при $n < 4$, що більш обгрунтовано.

Стабільність високостійких пін, до яких належать кондитерські піни, пояснюється наявністю в плівках високов'язкого, механічно міцно адсорбованого шару з молекул піноутворювача. Такі шари гелеподібної будови дифузно розповсюджуються в глибину розчину, затримують стікання рідини в плівках і надають останнім структурної в'язкості та механічної міцності [3,5].

Оптимізація технології пінних структур кондитерських мас має бути направлена на регулювання властивостей низькократних пін, які спрямовані на затримання гідродинамічних процесів, на зниження швидкості кінетичних процесів, пов'язаних з процесом синерезису, що сприяє тривалому зберіганню структури кондитерських пін. Для цього необхідно створити умови для отримання піни з максимально високим ступенем дисперсності та мінімальної полідисперсності, що досягається зменшенням поверхневого натягу та гомогенізації піни.

Тістові маси для бісквітів відносяться до коагуляційно-піноподібних слабкоструктурованих мас, а маси до білково-збивних виробів відносяться до коагуляційно-піноподібних сильноструктурованих мас.

Оскільки кількість цукру в рецептурах бісквітних та білково-збивних виробів висока, то і роль його у структуроутворенні вагома. Роль цукру [6], може бути двоякою. Цукор підвищує поверхневий натяг водних розчинів і, відповідно, погіршує процес піноутворення. В той же час, підвищення концентрації цукру збільшує в'язкість рідини у плівках піни, а це затримує потоншення плівки, тобто сприяє стійкості піни.

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

Існує багато робіт, присвячених оптимізації замісу кондитерського тіста [2,4,7,9–11], але робіт щодо встановлення впливу цукрозамінників на процес приготування кондитерських тістових мас коагуляційно-піноподібної, коагуляційно-кристалізаційної і коагуляційно-конденсаційної структури не знайдено. Тому метою роботи було встановлення впливу цукрозамінників на формування різних типів тістових мас та розроблення заходів щодо наближення їх структурно-механічних властивостей до відповідних властивостей тістових мас на цукрі, що необхідно для можливості виробництва нових виробів на існуючому обладнанні.

Оскільки структурні (реологічні) властивості тістових мас для різних видів БКВ істотно відрізняються то для їх визначення нами було застосовано різні методи. Структурно-механічні характеристики тістових мас для здобного пісочного печива визначали на модифікованих вагах Карагіна-Сологової, тіста для кексів — кульковому віскозиметрі Хеплера, ступінь руйнування тіста для бісквітів — ротатійному віскозиметрі, білково-збивне тісто характеризували за мікроструктурою, визначеною за допомогою мікроскопу.

Як видно з рис 1 тістові маси для здобного пісочного печива, що виготовлені на фруктозі, найбільш піддатливі дії навантаження. Найменше підлягають дії навантаження тістові маси на глюкозі та ізомальті Тістові маси, що виготовлені на лактитолі, мають характер змін, аналогічний масам, виготовленим на цукрі. Відмінність спостерігається лише після зняття навантаження. Для тістових мас на лактитолі більшою мірою характерним є відновлення структури, ніж у тістових масах на цукрі. За характером кривих відносної деформації тістових мас (рис 1) визначено реологічні характеристики (табл. 1).

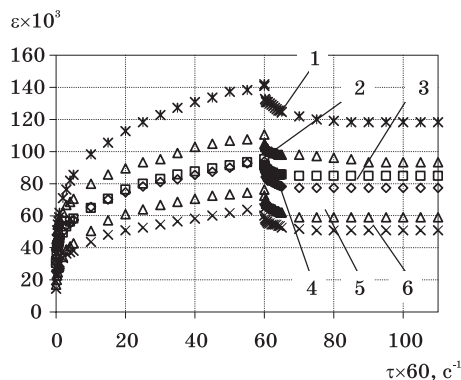


Рис. 1. Залежність відносної деформації тістових мас з використанням: 1 — фруктози; 2 — сорбіту; 3 — цукрі; 4 — лактитолу; 5 — глюкози; 6 — ізомальту

Таблиця 1. Реологічні характеристики тіста з використанням цукру та цукрозамінників

Тістові маси з використанням	Модуль миттєвої пружності, Па	Модуль еластичної деформації, Па	Пластична в'язкість, Па·с	В'язкість пружної післядії, Па·с	Максимальна деформація 10 ⁻³ , Па	Високоеластична деформація, 10 ⁻³ , Па	Відносна умовно-миттєва деформація	Піддатливість, 10 ⁻³ , Па ⁻¹
Фруктози	30551	17734	5846	1949	140,9	62,6	36,6	0,13
Сорбіту	34306	19447	11108	1984	110,5	57,1	32,4	0,099
Цукру	36445	28108	11335	2830	95,2	41,6	30,5	0,086
Лактитолу	43648	27735	13211	3471	93,6	40,9	25,5	0,084
Глюкози	64809	26187	14841	4406	76,2	39,5	17,1	0,069
Ізомальту	76346	37719	15428	5290	64,6	29,5	14,6	0,058

Відмінність у впливі цукрозамінників на реологічні показники тістових мас можна пояснити різною розчинністю та різною молекулярною масою цих речовин. Найбільшу розчинність має фруктоза. Розчинність фруктози на 22 % (за 20 °С) більша, ніж розчинність цукру, і тому тісто на фруктозі найбільш «слабке». Для

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

отримання тіста на фруктозі, близького за структурою до структури тіста на цукрі, потрібно корегування рецептури. Це необхідно для того, щоб при зміні асортименту не виникла необхідність в істотній зміні режимів роботи обладнання, дозування фруктози доцільно зменшити на 10...15 %, порівняно з дозуванням цукру. Для компенсації нестачі сухих речовин доцільно збільшити дозування борошна, або іншої сировини, яка буде сприяти покращенню харчової та біологічної цінності.

Для того, що наблизити структуру тіста на сорбіті до структури тіста на цукрі, дозування сорбіту потрібно зменшити на 5...7 %. Однак, оскільки сорбіт дещо погіршує органолептичні показники готового печива (надає «металевий» присмак), то використання його у виробництві здобного печива спеціального споживання, на нашу думку, є недоцільним.

Реологічні характеристики тіста на лактитолі наближаються до відповідних характеристик тіста на цукрі, внаслідок чого виникає можливість його використання під час виробництва здобного печива без змін технологічних параметрів замісу тіста та істотного корегування рецептурних композицій. Враховуючи низьку солодкість лактитолу (0,3...0,45 SES) і високу солодкість фруктози (1,5...1,7 SES), вважаємо за доцільне використовувати разом лактитол та фруктозу, у встановленому нами оптимальному співвідношенні (66 : 34).

Тісто на глюкозі та ізомальті значно міцніше, ніж тісто на цукрі. За величиною максимальної деформації (табл. 1) тісто на глюкозі міцніше на 20 %, на ізомальті — на 32 %. Для послаблення структури тіста потрібно використовувати пластифікатори структури. Головним пластифікатором структури є жир, однак враховуючи те, що здобне печиво і так перевантажено жиром, збільшувати його кількість недоцільно. Для послаблення структури тіста вважаємо за доцільне використовувати лецитин, а також частково замінювати вершкове масло або маргарин на рослинні жири (гірчичну та кукурудзяну олію), які мають значний вміст поліненасичених жирних кислот.

Про структурні характеристики кексового тіста можна судити за його густиною. Для цього були виготовлені модельні системи кексового тіста з використанням цукру та різних цукрозамінників (табл. 2).

Таблиця 2. Густина кексового тіста на цукрі та цукрозамінниках

	Кекс на						
	цукрі	фруктозі	глюкозі	сорбіті	лактитолі	ізамальті	лактитол+фруктоза
Густина тіста кг/м ³							
відразу після замісу	930	960	1030	930	890	1080	920
через 1 годину	950	990	1050	950	910	1110	940

Аналіз отриманих даних показав, що найменшу густину має тісто на лактитолі, найбільшу — на ізомальті, а густина тіста на сорбіті, суміші лактитол+фруктоза практично така ж, як і на цукрі.

При визначенні впливу цукру/цукрозамінників на реологічні характеристики коагуляційної пастоподібної структури тіста для кексів встановлено (рис 2), що цукрозамінники суттєво впливають на податливість мас до дії навантаження, що дозволило нам усі маси поділити на три групи. I група — це легкоподатливі маси. Вони виявляють властивості в'язкопластичної течії при навантаженні ~ 100 г, це — маси на лактитолі, сорбіті, суміші лактитол-фруктоза (66:34). II група — це маси середньої податливості. Вони для течії потребують навантаження на 20 % більшого, ніж маси I групи, це — маси на цукрі і фруктозі. III група — важкоподатливі маси, це — тістова маса на глюкозі, яка виявляє в'язко-пластичну течу при навантаженні — 170 г. Маса на ізомальті при навантаженні навіть понад 200 г не виявляє в'язкопластичної властивості.

Отримані дані показали, що під час розроблення рецептур на лактитолі, суміші лактитол-фруктоза, сорбіті кількість жиру можна зменшити на 5 %; на фруктозі вміст жиру доцільно залишити таким, як і на цукрі. За результатами досліджень можна зробити висновок, що тісто на лактитолі, сорбіті, фруктозі та суміші лактитола і фруктози певною мірою відповідає структурним характеристикам традиційного кексового тіста на цукрі. Для виготовлення такого тіста можна використовувати звичайне обладнання.

Тісто на глюкозі має досить велике значення в'язкості навіть під час дії значних навантажень. Пробні лабораторні випічки показали — готові кекси на глюкозі мали щільну «забиту» структуру, а це вказує на те, що рецептурний склад кексів на глюкозі потребує суттєвої зміни, порівняно із складом кексів на цукрі. Запропоновано 10 % маргарину замінити на кукурудзяну олію або збільшити вміст маргарину на 5...7 % для послаблення структури тіста. Кекс на глюкозі, як висококалорійний та легкозасвоюемий продукт, доцільно споживати людям з високим фізичним навантаженням. Тісто на ізомальті має надто міцні структурні характеристики, що дозволяє прогнозувати недоцільність його використання для виготовлення кексів.

Під час визначення впливу цукрозамінників на піноутворювальну здатність білкових систем та стабільність їх пін встановлено (рис. 3), що максимальну піноутворюючу здатність мають системи, що містять лактитол та сорбіт, мінімальну — ізомальт. На піноутворення впливає ряд факторів, серед яких слід визначити, в'язкість системи, що збивається. Попередніми дослідженнями встановлено, що в'язкість 50 % водних розчинів ізомальту більш ніж на 35 % вища за в'язкість водних розчинів цукру відповідної концентрації. Отже, можна припустити, що і в системі яєчний білок-ізомальт в'язкість буде вищою, ніж у системі з цукром. Внаслідок цього утруднюється піноутворення, але, водночас, підвищується стабільність піни.

При дослідженні впливу цукрозамінників на формування піноподібних коагуляційної слабо- (маси для бісквіту) та сильноструктурованої (маси для білково-збивного печива) структури встановлено (рис. 3), що цукор та цукрозамінники зменшують ПУЗ в такій послідовності лактитол < сорбіт < фруктоза < глюкоза < цукор < ізомальт. Порівнюючи зафіксовану струк-

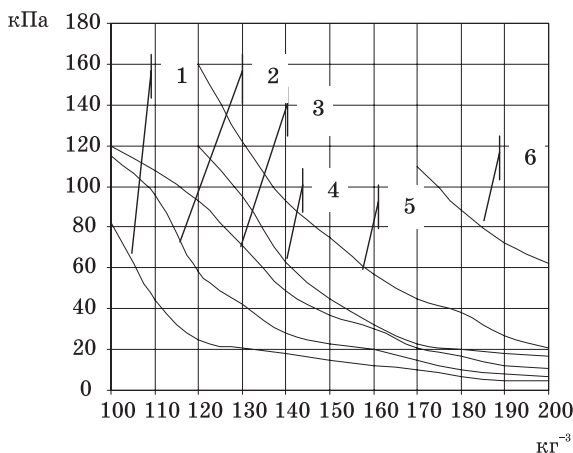


Рис. 2. Вплив навантаження на в'язкість тіста на 1 — сорбіті, 2 — лактитолі, 3 — лактитол+фруктоза, 4 — цукрі, 5 — фруктозі, 6 — глюкозі

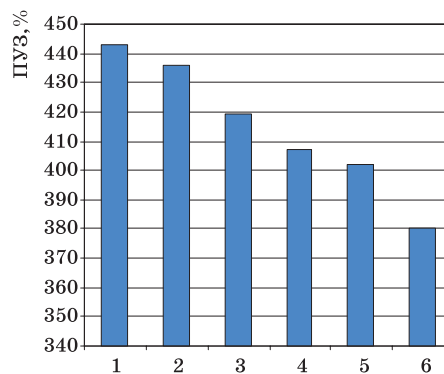


Рис. 3. Піноутворююча здатність мас 1 — яєчний білок — лактитол, 2 — яєчний білок — сорбіт, 3 — яєчний білок — фруктоза, 4 — яєчний білок — глюкоза, 5 — яєчний білок — цукор, 6 — яєчний білок — ізомальт

Розділ 1. Актуальні проблеми ... досліджень харчових продуктів

туру піноподібних мас (рис 4) можна зробити висновок, що поліоли лактитол та ізомальт сприяють утворенню більш монодисперсної структури ніж структура піни на цукрі, і це, вірогідно, пояснює більшу стійкість їх пін.

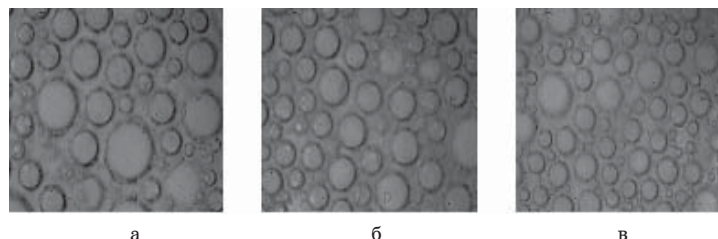


Рис. 4. Мікροструктура білково-збивної маси
а — на цукрі, б — на лактитолі, в — на ізомальті

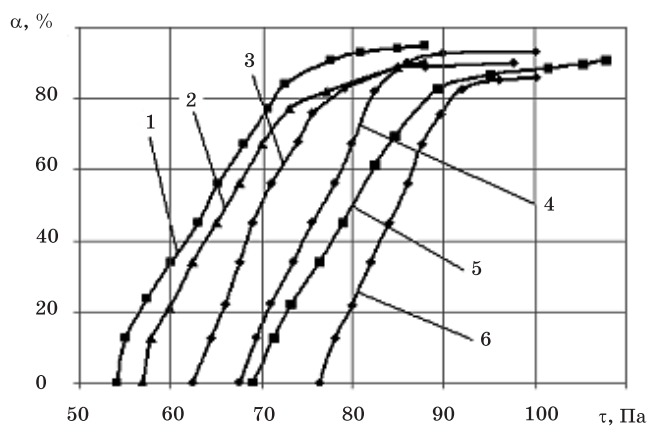


Рис. 5. Рівень руйнування структури (α , %) бісквітного тіста залежно від напруги зсуву (τ),
1 — тісто на сорбіті, 2 — тісто на глюкозі, 3 — тісто на цукрі, 4 — тісто на фруктозі, 5 — тісто на лактитолі, 6 — тісто на ізомальті

Рівень руйнування структури характеризує величина α , що показує, яка частина структурної сітки від первинної, зруйнувалась Під дією напруги зсуву. Експериментальні дані показують, що використання цукрозамінників (ізомальту, лактитолу, фруктози) сприяє підвищенню стійкості тіста до руйнування, порівняно з тістом на цукрі.

Це дозволяє прогнозувати краще збереження структури бісквітного тіста під час формування виробів та на початкових етапах термооброблення.

Висновки. Проведені дослідження показали доцільність застосування фруктози, глюкози, лактитолу при виробництві здобного пісочного печива, кексів, бісквітів та лактитолу і ізомальту при виробництві білково-збивних виробів. Грунтуючись на результатах проведених досліджень розроблено технології нових борошняних кондитерських виробів, що можна рекомендувати споживати усім групам населення у т.ч. хворим на цукровий діабет.

Технологія бісквітів передбачає різні технологічні операції: збивання маси, заміс тіста, формування (наприклад, розливання у форми) тощо. Слабоструктуровані маси до яких відноситься бісквітне тісто легко піддаються зовнішнім впливам. Тому суттєве практичне значення має поведінка бісквітного тіста під дією навантажень. Нами були проведені дослідження з визначення рівня руйнування структури бісквітного тіста, яке виготовлено із застосуванням різних цукрозамінників (рис. 5).

ЛІТЕРАТУРА

1. *Астамиров Х.* Настольная книга диабетика / Х. Астамиров, М. Ахманов. — М.: ЭКСМО-ПРЕСС, 2001. — 400 с.
2. *Беляева Л.М.* Исследование факторов, влияющих на качество изделий из пресного слоеного теста, и пути совершенствования его производства : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.16 — технология продуктов общественного питания / Л.М. Беляева. — М., 1974. — 22 с.
3. *Дерягин Б.В.* Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок / Б.В. Дерягин // ДАН СССР. — М.: Наука, 1986. — 204 с.
4. *Дорохович А.М.* Разработка научных основ технологии различных мучных кондитерских изделий : дис. ... докт. техн. наук : 05.18.01 / А.М. Дорохович. — М., 1988. — 433 с.
5. *Думанский А.В.* Избранные труды: Коллоидная химия / А.В. Думанский — М.: ВГУ, 1990. — 289 с.
6. *Зубченко А.В.* Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А.В. Зубченко — Воронеж: ВТТА, 1997. — 413 с.
7. *Козлов В.Г.* Приготовление сахарного теста на основе смешивания сырья в смешанных потоках : автореф. дис. — техн. наук : спец. 05.18.01 — технология хлебопекарных, макаронных и кондитерских продуктов / В.Г. Козлов. — Воронеж, 1991.
8. *Кругляков П.М.* Пены и пенные пленки / П.М.Кругляков, Д.Р.Ексерова. — М.: Химия, 1990. — 446 с.
9. *Матяш Е.Т.* Совершенствование технологии производства пряничного теста : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.16 — технология продуктов общественного питания / Е.Т. Матяш. — М., 1993. — 21 с.
10. *Оболкіна В.І.* Наукове обґрунтування та розроблення раціональних технологій комбінованих кондитерських виробів, які формуються методом ко-екструзії: дис.... докт. техн. наук.: спец. 05.18.01. // В.І. Оболкіна. — К., 2006. — 338 с.
11. *Притула В.И.* Исследование технологии выработки пряников с целью сокращения производственного цикла и повышения качества изделий : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01 — технология хлебопекарных, макаронных и кондитерских продуктов / В.И. Притула — К., 1980. — 20 с.
12. *Ребиндер П.А.* Физико-химическая механика / П.А. Ребиндер — М.: Знание, 1958. — 64 с.
13. *Тихомиров В.П.* Пены. Теория и практика получения и разрушения / В.П.Тихомиров — М.: Химия, 1983. — 264 с.
14. *Тутельян В.А.* Новые стратегии в лечебном питании / В.А. Тутельян, Т.С. Попова — М.: Медицина, 2002. — 141 с.

Надійшла до редакції 18.04.2011

УДК 004 075.8

В.М. Нигора, д-р техн. наук,
Н.І. Ковальова, асист.,
І.М. Білецький, асист.,
Національний університет
харчових технологій

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ

В статті запропоновані методичні принципи розробки структури експертної системи, прогнозування та прийняття технічних рішень.

Ключові слова: експертна система, прийняття рішень, база знань, колективні знання, особисті знання, інтерфейс, користувач, діагностика, прогнозування.

In the articles offered methodical principles of development of structure of consulting model, prognostication and acceptance of technical decisions.

Key words: consulting model, making decision, base of knowledges, collective knowledges, personal knowledges, interface, user, diagnostics, prognostication.

Створення експертної системи (ЕС) є надзвичайно перспективним напрямком підтримки прийняття рішень, який вимагає участі висококваліфікованих фахівців у галузі штучного інтелекту. Сучасні ЕС широко використовуються для передачі досвіду провідних спеціалістів практично у всіх галузях знань та виробництва. Традиційно знання існують у формі колективного і особистого досвіду.

Якщо велика частина знань у предметній галузі представлена у вигляді колективного досвіду, наприклад, інженерна графіка, теоретична механіка, то ця галузь знань не має потреби ЕС (рис.1,а). У випадку, коли в предметній галузі велика частина знань є особистим досвідом фахівців (експертів), то така предметна галузь має потребу в ЕС (рис.1,б).

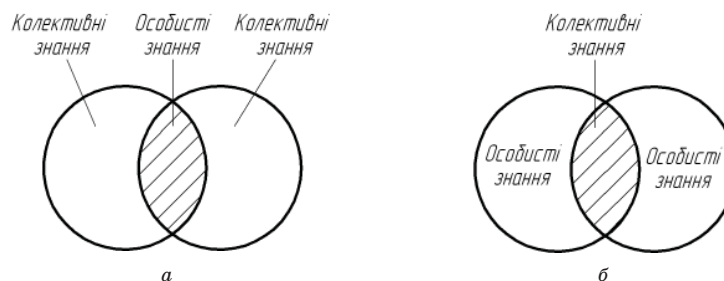


Рис.1. Галузь знань, що не має потреби в експертній системі (а), та галузь знань, що має потребу в такій системі (б).

ЕС — це складні програмні комплекси, що акумулюють знання фахівців у конкретних предметних галузях та тиражують цей емпіричний досвід для консультацій менш кваліфікованих користувачів. Узагальнена **структура** експертної системи представлена на рис.2. Реальні експертні системи можуть мати і більш складну структуру, однак основні блоки неодмінно присутні в будь-якій експертній системі.

Основними термінами, що використовуються в ЕС, є такі. *Користувач* — фахівець предметної галузі, для якого призначена система. Зазвичай його кваліфікація недостатньо висока, і тому він потребує допомоги і підтримки своєї діяльності з боку ЕС. *Інженер по знанням* — це фахівець зі штучного інтелекту, що виступає в ролі проміжного накопичувального буфера між базою знань і експертом.

© В.М. Нигора, Н.І. Ковальова, І.М. Білецький, 2010



Рис.2. Структура експертної системи

Інтерфейс користувача — комплекс програм, що реалізують діалог користувача з ЕС як на стадії введення інформації, так і одержання результатів. *База знань (БЗ)* — ядро ЕС, сукупність знань предметної галузі, записана на машинний носій у формі, що зрозуміла експертів і користувачеві (зазвичай деякою мовою, наближеною до природної). *Блок логічного висновку* — програма, що моделює хід міркувань експерта на підставі знань, що містяться в БЗ.

Підсистема пояснень — програма, що дозволяє користувачеві одержати відповіді на питання: «Як була отримана та або інша рекомендація?» і «Чому система прийняла таке рішення?». Відповідь на питання «як» — це трасування всього процесу одержання рішення із вказівкою використаних фрагментів БЗ, тобто всіх кроків ланцюга висновків. Відповідь на запитання «чому» — посилання на висновок, що безпосередньо передувало отриманому рішення, тобто відхід на один крок назад.

Інтелектуальний редактор БЗ — програма, що надає інженерові по знаннях можливість створювати БЗ у діалоговому режимі. Містить у собі систему вкладених меню, шаблонів мови представлення знань, підказок і інших сервісних засобів, що полегшують роботу з БЗ. У колектив розроблювачів ЕС входять як мінімум чотири чоловіки: експерт; інженер; програміст; користувач. Очолює колектив інженер по знаннях, це ключова фігура при розробці систем, заснованих на знаннях.

Клас «експертні системи» поєднує декілька тисяч різних програмних комплексів, які можна класифікувати за різними критеріями (рис. 3). Корисними можуть виявитися такі **класифікації**.



Рис. 3. Класифікація експертних систем

Інтерпретація даних — одна із традиційних задач для експертних систем. Під інтерпретацією розуміють визначення змісту даних, результати якого повинні бути погодженими і коректними; передбачається різноманітний аналіз даних.

Діагностика. Під діагностикою розуміють виявлення несправності в деякій системі. Несправність — відхилення від норми. Це дозволяє з єдиних теоретичних позицій розглядати і несправність устаткування у технічних системах, і захворювання живих організмів, і всілякі природні аномалії. Важливою специфікою є необхідність розуміння функціональної структури («анатомії») системи, що діагностується.

Моніторинг. Основна задача моніторингу — безперервна інтерпретація даних у реальному масштабі часу і сигналізація про вихід тих або інших параметрів за припустимі межі.

Проектування полягає у підготовці специфікацій на створення «об'єктів» із задалегідь визначеними властивостями. Під специфікацією розуміють весь набір необхідних документів, креслення, пояснювальна записка і т. ін. Основні проблеми тут — одержання чіткого структурного опису знань про об'єкт і проблема «сліду». Для організації ефективного проектування необхідно формувати не тільки самі проектні рішення, але і мотиви їхнього прийняття. Таким чином, у задачах проектування тісно пов'язуються два основних процеси, виконуваних у рамках відповідної ЕС: *процес виводу рішення і процес пояснення.*

Прогнозування. Прогнозуючі системи логічно виводять імовірні наслідки із заданих ситуацій. У прогнозуючій системі зазвичай використовується параметрична динамічна модель, у якій значення параметрів «підганяються» під задану ситуацію. Виведені з цієї моделі наслідки складають основу для прогнозів з імовірними оцінками.

Планування. Під плануванням розуміють знаходження планів дій, які відносяться до об'єктів, що здатні виконувати деякі функції. У таких ЕС використовують моделі поведінки реальних об'єктів для того, щоб логічно вивести наслідки планованої діяльності.

Класифікація за зв'язком із реальним часом. Статичні ЕС розробляються в предметних галузях, у яких база знань та дані, що інтерпретуються, не змінюються у часі. Вони стабільні. *Динамічні ЕС* працюють у сполученні з датчиками об'єктів у режимі реального часу з безперервною інтерпретацією даних, що надходять.

Класифікація за типом ЕОМ. На сьогоднішній день існують: ЕС для унікальних стратегічно важливих задач на суперЕОМ; ЕС на ЕОМ середньої продуктивності; ЕС на символічних процесорах і робочих станціях; ЕС на міні- і мікроЕОМ; ЕС на персональних комп'ютерах.

Класифікація за ступенем інтеграції з іншими програмами. Автономні ЕС працюють безпосередньо в режимі консультацій з користувачем для специфічно «експертних» задач, для рішення яких не потрібно залучати традиційні методи обробки даних (розрахунки, моделювання і т. ін.). *Гібридні ЕС* представляють програмний комплекс, узагальнюючі стандартні пакети прикладних програм (наприклад, математичну статистику, лінійне програмування або системи керування базами даних) і засобу маніпулювання знаннями.

Програмним інструментарієм експертних систем є мова штучного інтелекту, спеціальний програмний інструментарій, «оболонки». Найбільш розповсюджені мови штучного інтелекту — Лісп (LISP) і Пролог (Prolog). На основі цих мов створюються спеціалізовані комп'ютери (наприклад, Лісп-машини), призначені для вирішення задач штучного інтелекту. Недолік цих мов — непристосованість для створення гібридних експертних систем.

Спеціальним програмним інструментарієм є бібліотеки і надбудови над мовою штучного інтелекту Лісп: КЕЕ (Knowledge Engineering Environment), FRL (Frame Representation Language) та ін., які дозволяють користувачам працювати із заготовками експертних систем на більш високому рівні, ніж це можливо у звичайних мовах штучного інтелекту.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Розробка програмних комплексів експертних систем як за рубежом, так і в нашій країні знаходиться на рівні скоріше мистецтва, ніж науки. Це пов'язано з тим, що тривалий час системи штучного інтелекту впроваджувалися в основному під час фази проектування, а найчастіше розроблялося декілька прототипних версій програм, перш ніж був отриманий кінцевий продукт. Такий підхід діє добре в дослідницьких умовах, однак в комерційних умовах він є надто дорогим, щоб виправдати комерційні витрати на продукцію. Процес розробки промислової експертної системи, спираючись на традиційні технології, можна розділити на шість етапів, практично не залежних від предметної галузі (рис. 4).

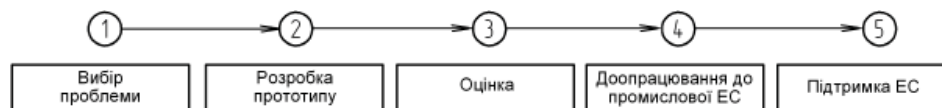


Рис. 4. Етапи розробки експертної системи

Послідовність етапів дає загальне уявлення про створення ідеального проекту. Зазвичай, послідовність ця не цілком фіксована. У дійсності кожний наступний етап розробки ЕС приносить нові ідеї, що можуть вплинути на попередні рішення і навіть привести до їх переробки. Саме тому багато фахівців з інформатики вважають, що витрати на розробку таких систем дуже великі, час розробки занадто тривалий, а отримані в результаті програми вимагають для реалізації надто багато обчислювальних ресурсів.

У цілому за розробку експертних систем доцільно братися організації, в якій накопичений досвід із автоматизації рутинних процедур обробки інформації, наприклад, інформаційного пошуку, складних розрахунків, графіки, обробки текстів. Вирішення таких задач дозволяє підготувати висококваліфікованих фахівців з інформатики, необхідних для створення інтелектуальних систем.

При виборі проблеми та галузі застосування ЕС варто враховувати таке: якщо знання, необхідне для вирішення задач, постійне, чітко сформульоване і пов'язане з обчислювальною обробкою, то звичайні алгоритмічні програми, цілком ймовірно, будуть самим доцільним способом вирішення проблем у цій галузі. ЕС ні в якому разі не усуне потребу в реляційних базах даних, статистичному програмному забезпеченні, електронних таблицях і системах текстової обробки. Але якщо результативність задачі залежить від знання, яке є суб'єктивним, яке змінюється символічно або яке впливає частково з розуміння здорового глузду — тоді галузь може обґрунтовано бути претендентом на експертну систему.

Наведемо деякі факти, які свідчать про *необхідність розробки* і впровадження експертних систем: нестача фахівців, що витрачають значний час для надання допомоги іншим; потреба в численному колективі фахівців, оскільки жоден з них не має достатніх знань; знижена продуктивність, оскільки задача вимагає повного аналізу складного набору умов, а звичайний фахівець не в змозі переглянути (за відведений час) усі ці умови; велика розбіжність між рішеннями найкращих і найгірших виконавців; наявність конкурентів, які мають перевагу в тому, що вони краще справляються з поставленою задачею.

Зазвичай експертні системи розробляються шляхом одержання специфічних знань від експерта і введення їх у систему. Деякі системи можуть містити стратегії одного індивіда. Отже, знайти відповідного експерта — це ключовий крок у створенні експертних систем. У процесі розробки і подальшого розширення системи інженер по знаннях і експерт зазвичай працюють разом. Інженер по знаннях допомагає експертові структурувати знання, визначати і формалізувати поняття і правила, необхідні для вирішення задач проблеми.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Після того, як задача визначена, необхідно підрахувати витрати і прибутки від розробки експертної системи. До витрат включаються витрати на оплату праці колективу розроблювачів. У додатку — витрати програмного інструментарію, що здобуваються, за допомогою якого розробляється експертна система. Прибуток можливий за рахунок зниження ціни продукції, підвищення продуктивності праці, розширення номенклатури продукції або послуг, або навіть розробки нових видів продукції чи послуг у цій галузі. Відповідні витрати і прибутки від системи визначаються щодо часу, протягом якого повертаються засоби, вкладені в розробку. На сучасному етапі розвитку ЕС позначилися тенденції розробки менш дорогих систем, хоча і з більш тривалим терміном повернення вкладених у них засобів, тому що програмні засоби розробки експертних систем безупинно удосконалюються.

Висновки. 1. Використання експертних систем практично виключає можливість прийняття необдуманих вольових, інтуїтивних або випадкових рішень при системному аналізі технічних об'єктів на всіх етапах життєвого циклу.

2. Запропоновані методичні принципи розробки експертних систем можуть бути використані при обґрунтуванні та проектуванні уніфікованих типорозмірних рядів функціональних пристроїв, наприклад, пультів керування технологічних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бідюк П.І., Щербань Ю.Ю., Щербань В.Ю., Лемківський Є.О. Системи підтримки прийняття рішень — проектування та реалізація. — К.: КНУТД, 2004. — 112 с.

2. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень: Навч. Посібник, — К.: Урожай, 1994. — 216 с.

3. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 338 с.

Надійшла до редколегії 02.12.2010

УДК 664.1.038

Л.П. Рева, *д-р. тех. наук*
О.О. Петруша
Національний університет
харчових технологій
В.О. Мірошник, *канд. техн. наук*
Національний університет
біоресурсів і природокористування
України

СТВОРЕННЯ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОГРЕСИВНОГО ПРОТИТЕЧІЙНОГО ПЕРЕДДЕФЕКТОРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДДЕФЕКАЦІЇ

Однією із важливих технологічних стадій бурякоцукрового виробництва є процес попередньої дефекації дифузійного соку, під час якого намагаємось досягти максимального ступеня осаждення із розчину ряду нецукрів та отримати осад з хорошими седиментаційно-фільтрувальними показниками. На основі фізичного моделювання була створена фізична модель апаратурного оформлення кращого варіанта прогресивної протитечійної переддефекації за принципом Брігеля-Мюллера. Фізична модель базується на відомому вертикальному реакторі прогресивної протитечійної переддефекації (з деякими удосконаленнями) для забезпечення раціонального наростання рН соку по секціям.

Ключові слова: переддефекація, фізична модель, моделювання, критерій подібності, реактор.

One of the important stages of sugar beet production is a process of predefecation prior diffusion juice bowel movements, which are strive to achieve the maximum degree of deposition of a number of solutions nonsugars and get good sedimentation from sediment-filtering parameters. Based on the physical simulation model was established physical apparatus design a better option for progressive predefecation Brihel-Muller principle. Physical model based on the known vertical reactor progressive predefecation (with some improvements) to ensure the rational increase of juice pH by section.

Key words: predefecation, physical models, the similarity criterion, reactor.

В технології очищення дифузійного соку складовими стадіями хіміко-технологічних процесів очищення є (інтенсифіковані необхідною турбулізацією систем) процеси масопереносу в рідку фазу: 1) лужного реагента розчиненням частинок твердої фази гідроксиду кальцію з його дисоціацією до іонів Ca^{2+} і OH^- (на переддефекації дифузійного соку та основній дефекації); 2) діоксиду вуглецю в результаті абсорбції CO_2 рідкою фазою соку. З наступними хімічними реакціями лужної гідратації розчиненого CO_2 до аніонів CO_3^{2-} і утворенням ефективного адсорбента розчинних нецукрів — $CaCO_3$ (сатурації дефекованого соку).

Попередня дефекація, як технологічний процес оброблення дифузійного соку відносно невеликою кількістю вапна (до оптимальних величин рН і лужності) для максимального видалення із розчину деяких нецукрів (ВМС і аніонів кислот у формі малорозчинних солей кальцію) в осад, який був би достатньо стійким до умов високого вмісту розчиненого вапна і температури гарячого ступеня комбінованої основної дефекації в сучасній схемі очищення соку і мав би хороші седиментаційно-фільтрувальні показники, є одним із ефективних технологічних процесів очищення дифузійного соку.

© Л.П. Рева, О.О. Петруша, В.О. Мірошник, 2010

Причому, однією із додаткових технологічних вимог для досягнення високого ступеня осадження нецукрів в умовах переддефекації (окрім оптимізації колоїдно-хімічних реакцій) є забезпечення необхідного змішування добавленого до дифузійного соку вапняного молока та турбулізації системи в режимі роботи прогресивного секціонованого реактора з урахуванням швидкостей потоків в раціональній конструкції апарата [1]. Ця вимога виражається, також такою характеристикою процесу, як тривалість перебування реакційної суміші в кожній секції та в цілому у прогресивному переддефекаторі для забезпечення раціональної динаміки підвищення pH і лужності соку (від дифузійного до оптимально переддефекованого), узгоджуючи з гідродинамікою процесу.

Загалом вимоги до апаратурного оформлення прогресивної попередньої дефекації дифузійного соку, можна сформулювати так:

1) найефективніше проведення процесу, за умови отримання найвищого ступеня перетворення цільового компонента, що для процесу попередньої дефекації відповідатиме максимальному ступеню осадження деяких нецукрів (ВМС — білків та пектинів, а також аніонів кислот у формі малорозчинних солей кальцію);

2) підтримання такої динаміки підвищення pH та лужності соку по секціям переддефекатора, яка б забезпечувала отримання після проведення процесу (окрім максимального ступеня осадження нецукрів), також структури осаду, що був би достатньо стійким до умов високого вмісту розчиненого вапна та температури під час основної дефекації.

Найкращим на сьогоднішній день апаратурним оформленням процесу попередньої обробки дифузійного соку невеликою кількістю вапна є проведення у вертикальному апараті прогресивної протитечійної переддефекації за принципом Брігель-Мюллера [2]. Цей апарат у порівнянні з горизонтальним прогресивним протитечійним апаратом Брігель-Мюллера, має певні переваги, а саме меншу поверхню контакту соку з повітрям, значно меншу металоємність та займає меншу виробничу площу, конструкція перегородок надає можливість організації раціонального протитечійного руху потоків, нескладне та швидке регулювання зміни pH та лужності по секціям апарата, з відсутністю байпаса частково обробленого дифузійного соку, що має місце в самій нижній частині горизонтального переддефекатора.

Але до недоліків вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора [2] можна віднести дещо невдале конструктивне рішення рухомої заслінки на верхній кромці всмоктувального патрубку, верхня частина якого розміщена над конусною перегородкою. В результаті цього в кожній секції апарата між верхньою частиною всмоктувального патрубку та поверхнею конусної перегородки можуть мати місце застійні зони. А це в свою чергу призведе до тривалого, неконтрольованого перебування певної частини підлуженого дифузійного соку з утворенням переддефекаційним осадом. Також недосконалим є сам варіант рухомої заслінки, яка складається із двох напівдисків, що ускладнює її конструкцію, промислову експлуатацію та проведення ремонтних робіт.

Нами було запропоновано варіант удосконалення вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора для усунення його деяких недоліків, забезпечення раціональної динаміки підвищення pH та лужності по секціям апарата і отримання високого ефекту осадження нецукрів та необхідної структури осаду за седиментаційно-фільтрувальними показниками [3].

Загальний вигляд апарата із запропонованими змінами представлений на *рис.*

1. Прогресивний протитечійний переддефекатор складається із вертикальної ємності (з патрубками для підведення дифузійного соку, вапняного реагенту, осаду карбонату кальцію та відведення переддефекованого соку), поділеної конічними перегородками з вирізаними сегментами на шість секцій з встановленими у кожній секції (на всмоктувальних патрубках) заслінками та турбінками на валу, які одночасно вико-

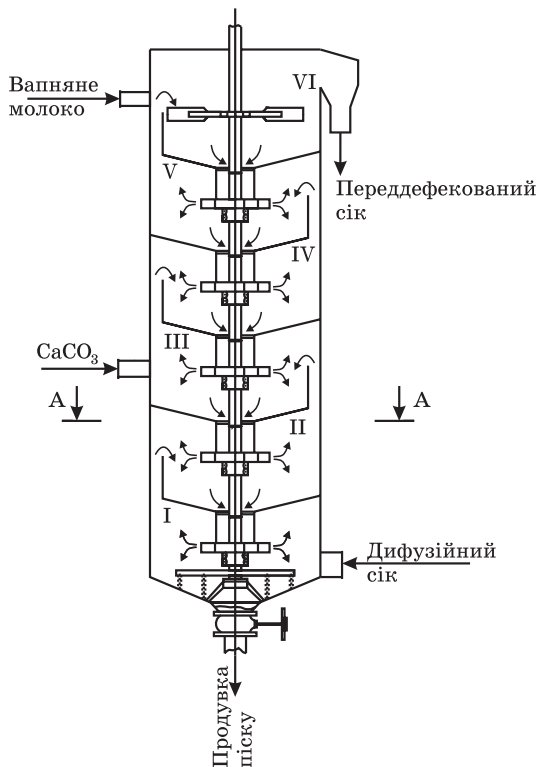


Рис. 1. Загальний вигляд удосконаленого вертикального апарату для попередньої прогресивної протитечійної обробки дифузійного соку вапняним реагентом [3]

протитечійної рециркуляції більш лужного соку здійснюється прогресивне наростання лужності соку секціях знизу вверх.

Недоліки вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора [2] усуваються за рахунок видозміни рухомих заслінок на п-подібну форму, що здійснюють зворотно поступальний рух для регулювання площі перетину вхідного отвору всмоктувального патрубку, до того ж вони закріплені на нижній кромці конусних перегородок, що практично дозволяє виключити можливі у застійні зони [2]. У верхній частині всмоктувального патрубку, що знаходиться під конусною перегородкою розміщено нерухомий клин 2 (рис. 2.), який перешкоджає неконтрольованому переходу соку із секції з більшою лужністю у секцію з меншою лужністю, при повному закритті рухомою п-подібною заслінкою перетину всмоктувального патрубку.

В результаті видалення верхньої частини всмоктувального патрубку, що був розміщений над конічною перегородкою у переддефекаторі [2] та відповідно переміщення рухомої заслінки на нижню кромку конусної перегородки, практично виключаються застійні зони у самій нижній частині конусних перегородок, які погіршують гідродинаміку руху потоків у переддефекаторі. Це сприятиме більш контрольованому руху потоків в апараті та забезпеченню раціональної зміни рН та лужності соку по секціям з досягненням високих якісних та седиментаційно-фільтрувальних показників соку.

Для проведення досліджень гідродинаміки потоків у вертикальному прогресивному протитечійному переддефекаторі було розрахована і виготовлена фізична

нують функції як насоса для перекачування (рециркуляції) необхідного об'єму більш лужного соку із розміщеної вище секції, так і ефективної мішалки для швидкого змішування рециркульованого соку з соком основного потоку, що надходить в секцію через сегментний канал. Дифузійний сік надходить в нижню частину апарату, заповнюючи I секцію. Через сегментний канал у конусній перегородці сік із I секції надходить у II секцію, і т.д. аж до VI секції. В останню секцію подається вапняне молоко у необхідній кількості для забезпечення $pH_{\text{опт}}$ і оптимальної лужності переддефекованого соку. При відкритті рухомої заслінки частина соку із VI секції через патрубок у конічній перегородці надходить у турбінку і викидається в V секцію, де змішується із менш лужним соком. Із V секції частина соку повертається в IV секцію і т.д., забезпечуючи при цьому раціональне наростання рН та лужності від I до VI секції переддефекатора. Таким чином, за рахунок

модель такого переддефекатора. Перед тим, як безпосередньо приступити до процесу створення фізичної моделі вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора потрібно було чітко сформулювати основні вимоги, які допомогли б адекватно наблизити цю фізичну модель до реально існуючого реактора.

По-перше, створена фізична модель повинна відтворювати в собі, той же хіміко-технологічний процес, що протікає у прогресивному протитечійному реакторі [3], тобто модель повинна забезпечувати геометричну, часову та фізичну подібності реального переддефекатора.

По-друге, для більшої наочності, фізичну модель необхідно виготовити з прозорого матеріалу. Це дасть змогу спостерігати за перебігом процесу по секціям вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора.

По-третє, процес прогресивної переддефекації для підтримання раціональної динаміки підвищення рН і лужності соку по секціям повинен здійснюватись за умови забезпечення необхідних величин рециркуляції більш лужного соку турбінками та інтенсивного перемішування ними у кожній секції рециркульованого соку і соку основного потоку, тобто фізична модель повинна мати (регульований за кількістю обертів) двигун і турбінки на вертикальному валу в кожній секції, які виконують роль як насоса, так і перемішуючого пристрою.

По-четверте, конструкція фізичної моделі вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора, повинна бути виконана таким чином, щоб установку можна було в будь-який момент доповнити деякими елементами та деталями.

Для лабораторного дослідження процесу попередньої обробки дифузійного соку вапняним реагентом у вертикальному прогресивному протитечійному апараті виробничою продуктивністю 3000 т буряків на добу у фізичній моделі було обрано значення геометричного симплексу: $\Gamma \approx 3,5$ з 20-кратним зменшенням від реально існуючого прототипу. При цьому внутрішній діаметр корпусу фізичної моделі зменшився до 140 мм, висота секції до 80 мм, а нахил конусних перегородок обрали тотожний.

Корпус фізичної моделі вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора було виготовлено із поліметилметакрилату (ПММА) — синтетичного полімера метилметакрилату, термопластичного, прозорого пластика, що виготовляється під назвою — *Plexiglass*.

Одним з визначальних функціональних елементів вертикального переддефекатора (повторений у фізичній моделі), завдяки яким досягаємо проведення процесу прогресивної протитечійної попередньої дефекації, є турбіна мішалка закритого типу, яка встановлена таким чином, що при обертанні створюється насосний ефект для повернення соку із розташованої вище секції з більшою лужністю у нижчу секцію з меншою лужністю. Для розрахунку продуктивності пристрою, за рахунок якого здійснюється ця рециркуляція, тобто, ступеня насосного ефекту, необхідно встановити, геометричні розміри даної конструкції та розрахувати необхідну швидкість обертання насосної турбінки, а також знайти зв'язок та співвідношення між цими величинами.

При моделюванні вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора основним критерієм гідродинамічної подібності було обрано критерій Рейнольдса, що визначає характер руху рідкої фази:

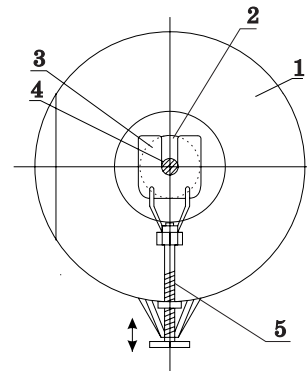


Рис.2. Розріз А-А вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора (рис. 1.):

- 1 — конусна перегородка;
- 2 — нерухомий клин;
- 3 — рухома заслінка;
- 4 — вал;
- 5 — пристрій регулювання руху заслінки

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot l}{\mu} = \frac{u \cdot l}{\nu} \quad (1)$$

де ρ — густина рідкої фази, кг/м³; u — швидкість руху рідкої фази, м/с; l — характерний лінійний геометричний розмір, м; μ — коефіцієнт динамічної в'язкості, Па · с; ν — коефіцієнт кінематичної в'язкості, м²/с.

Критерій Рейнольдса в реальному прогресивному протитечіному переддефекторі склав $0,37 \cdot 10^3$ і для фізичної його моделі $0,36 \cdot 10^3$.

Було вирішено при розрахунках відповідності процесу у фізичній моделі та реальному апараті використати також критерій Пекле, що характеризує подібність полів концентрації та швидкостей в турбулентних потоках [4]:

$$Pe = \frac{u \cdot l}{D} \quad (2)$$

де D — коефіцієнт дифузії, м²/с.

В результаті проведення розрахунків величина критерія Пекле для реального переддефектора склала $2,8 \cdot 10^{-9}$ та для його моделі — $2,76 \cdot 10^{-9}$.

Для детального дослідження гідродинаміки потоків у вертикальному прогресивному протитечіному переддефекторі та зміни рН соку по секціям у кожній секції фізичної моделі вмонтовані крани для відбору проб.

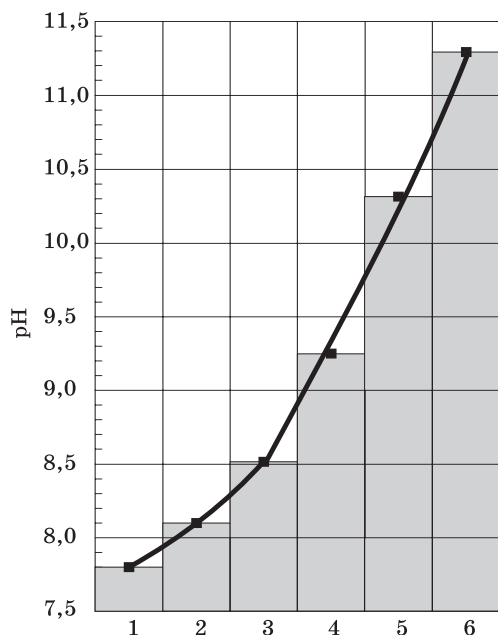


Рис. 3. Динаміка підвищення рН по секціям вертикального прогресивного протитечіного переддефектора

Перші дослідження показали, що фізична модель в достатньому ступені відтворює гідродинамічні умови процесу в реальному вертикальному прогресивному протитечіному переддефекторі, що дозволяє проводити дослідження в наближеному до заводських умов технологічному процесі. Тому подальші дослідження варіантів проведення процесу у фізичній моделі нададуть можливість одержання результатів, які відповідатимуть технологічному процесу у промисловому апараті прогресивної протитечіної переддефектації.

За даними Брігель-Мюллера [5] найкращою формою підвищення рН по секціям прогресивного протитечіного переддефектора, є така, за якою в перших секціях рН повинні зростати досить повільно, а в останніх більш стрімко до кінцевого оптимального значення і таке проведення процесу буде якомога повніше відповідати меті, поставленій перед попередньою дефекацією дифузійного соку.

На фізичній моделі були проведенні відповідні дослідження (з модельними розчинами) зміни величин значень рН по секціям апарата шляхом регулювання площі перетину вхідного отвору всмоктувального патрубку від секції «n» до секції «n-1», та отримана відповідна гістограма рис. 3, що може розглядатись як кращий варіант зміни рН та лужності по секціям висоти апарату.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

У подальшому планується вивчення (на основі фізичної моделі) гідродинаміки потоків у вертикальному прогресивному протитечійному переддефекаторі з одержанням відповідних гідродинамічних моделей, а також проведення технологічних досліджень очищення дифузійних соків різної якості для встановлення оптимальних режимних параметрів роботи даного апарата.

Висновок. Виконані відповідні розрахунки і створена фізична модель вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора для очищення дифузійного соку. Фізичне моделювання базувалося на критеріях подібності, завдяки чому створена лабораторна установка виявилась наближеною до умов експлуатації кращого варіанта прогресивного переддефекатора, що в свою чергу надає можливість в детально вивчати процес прогресивної протитечійної переддефекації дифузійного соку в оптимальному технологічному режимі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Берлин Ал.Ал., Прут Э.В., Химические реакторы//Соросовский образовательный журнал. — 2000. — № 4. — С. 30–36.
2. Рева Л.П., Пишняк В.В., Малюк В.Ф. Устройство для предварительной прогрессивной дефекации диффузионного сока. А.с. № 536229, БИ № 43, 1976.
3. Рева Л.П., Мірошник В.О., Петруша О.О., Апарат для попередньої прогресивної протитечійної обробки дифузійного соку вапняним реагентом, ПУ №50226, Бюл. № 10, 2010.
4. Кутателадзе С.С. Анализ подобия и физические модели. — Новосибирск: Наука, 1986. — 297 с.
5. Бригель-Мюллера А. Методы очистки свекловичного сока// *Zeitschrift für die Zuckerindustrie*. — 1959. — № 11. — P. 557–564.

Надійшла до редколегії 10.12.2010 р.

УДК 759.873.088.5:661.185

Д.В. Яцук, магістрант
Н.А. Гриценко, асп.
Т.П. Пирог, д-р біол. наук
Національний університет
харчових технологій

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СИНТЕЗУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA* *VACCINII* К-8 НА ГЛІЦЕРИНІ

За допомогою математичних методів планування експерименту оптимізовано поживне середовище для культивування *Nocardia vaccinii* К-8 — продуцента поверхнево-активних речовин (ПАР). Встановлено, що за умов росту штаму К-8 на середовищі, що містить 0,5 г/л NaNO_3 ; 0,5 % (об'ємна частка) дріжджового екстракту та 1,5 % (об'ємна частка) гліцерину кількість синтезованих ПАР підвищується майже у 4 рази (до 12,6 г/л) порівняно з показниками до оптимізації.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, однофакторний експеримент, план повного факторного експерименту, інтенсифікація синтезу

Using mathematical planning methods in experiments the nutrient medium for cultivation of *Nocardia vaccinii* К-8 — the surface-active substances (SAS) producer — was optimized. It was determined that during the cultivation of strain К-8 on the medium containing 0,5 g/l of NaNO_3 ; 0,5 % (v/v) of yeast extract and 1,5 % (v/v) of glycerol the SAS synthesized amount was increased in about 4 times (up to 12.6 g/l) comparing to the indexes obtained before optimization.

Key words: surface-active substances, one factorial experiment, the plan of full factorial experiment, the synthesis intensification

Поверхнево-активні речовини (ПАР) належать до класу амфіпатичних молекул, що складаються з двох частин: полярної (з основною гідрофільною групою) і неполярної (з гідрофобним залишком). Завдяки такій будові молекул речовини ПАР притаманна здатність до зниження поверхневого, міжфазного натягу і до емульгування. Такі властивості дають змогу використовувати ПАР у нафтохімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості, сільському господарстві та медицині [6]. При цьому мікробні ПАР мають ряд переваг перед синтетичними аналогами, зокрема характеризуються біодеградабельністю і нетоксичністю.

У попередніх дослідженнях із забрудненою нафтою зразків ґрунту було виділено штам нафтоокиснювальних бактерій, ідентифікований як *Nocardia vaccinii* К-8 і показана його здатність синтезувати метаболіти з поверхнево-активними і емульгуювальними властивостями [1].

Оскільки промислове виробництво мікробних ПАР стримується певними факторами (наприклад, високі витрати на сировину, низька концентрація цільового продукту), наступні дослідження були спрямовані на підвищення ефективності технології. Так, було встановлено здатність штаму К-8 синтезувати поверхнево-активні речовини за умов росту на гліцерині, який є дешевим ростовим субстратом — відходом виробництва біодизелю [2]. Оптимізацію середовища культивування штаму К-8 здійснювали за допомогою комплексу однофакторних досліджень, проте концентрація цільового продукту залишалася недостатньо ви-

сокою. Так, максимальний показник умовної концентрації ПАР*, отриманий в однофакторних експериментах, не перевищував 4,0–4,2 г/л [2].

З літератури відомо [4, 5], що застосування методів математичного планування є ефективним методом для підвищення синтезу цільового продукту. Математичні методи дають змогу звести до мінімуму випадкові помилки в експериментах, кількісно оцінити вплив кожного окремого компонента середовища на вихід цільового продукту, а також дослідити взаємовплив усіх компонентів.

У зв'язку з цим мета даної роботи — інтенсифікація синтезу поверхнево-активних речовин під час росту *N. vaccinii* К-8 на гліцерині за допомогою математичних методів планування.

Культивування бактерій здійснювали на базовому рідкому поживному середовищі такого складу (г/л): NaNO_3 — 1,0; KH_2PO_4 — 0,1; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; рН 6,8–7,0. У дослідженнях використовували варіанти середовища, в якому концентрація NaNO_3 становила 0,5 та 1,5 г/л. Як джерело вуглецю та енергії використовували гліцерин в концентрації 0,5–3,5 % (об'ємна частка). У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат у концентрації 0,15–0,5 г/л, а також $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001 г/л. В одному з варіантів у середовище додатково вносили цитрат натрію (0,1 %, масова частка).

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту (72 год культивування), вирощену на базовому середовищі наведеного складу з 0,5 % (об'ємна частка) гліцерину, 0,5 % (об'ємна частка) дріжджового автолізату та 0,001 г/л $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Кількість посівного матеріалу становила 10 % від об'єму середовища.

Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 30 °С упродовж 168 год.

Здатність до синтезу ПАР оцінювали за показниками поверхневого натягу, умовної концентрації ПАР (ПАР*, безрозмірні одиниці), кількості утворених ПАР (г/л), які визначали як описано раніше [1, 2].

Дослідження з визначення складу поживного середовища здійснювалися за схемою повного факторного експерименту (ПФЕ) 2^3 , що включав план за кожним фактором (компонент середовища), який являв собою мінімальні та максимальні його концентрації. Аналіз результатів здійснювався за алгоритмом Іетса з використанням формул, наведених у практикумі [3].

У попередніх дослідженнях [2] за допомогою однофакторних експериментів було визначено значимі для росту і синтезу цільового продукту компоненти поживного середовища: джерело вуглецю та енергії (гліцерин), джерело азоту (NaNO_3) та дріжджовий екстракт (джерело факторів росту).

Під час постановки першого комплексу експериментів важливо правильно підібрати концентрації компонентів середовища від меж, що лімітують синтез цільового продукту, до меж, які його інгібують (табл.1).

Результати експериментальних досліджень показані за допомогою матриці композиційного плану повного факторного експерименту 2^3 (табл. 2) У ній наведено всі можливі комбінації трьох факторів на двох рівнях (нижньому та верхньому).

Як видно з наведених у табл. 2 даних, найвища концентрація ПАР* спостерігалася у варіанті № 6, в якому концентрації гліцерину та дріжджового екстракту була на вищому рівні, у той час як концентрація нітрату натрію — на нижчому. Зазначимо, що найвищі значення показника ПАР* спостерігалися у тих варіантах, в яких концентрація джерела азоту перебувала на нижчому рівні.

Математична обробка отриманих даних показала значущість усіх компонентів, включених до складу поживного середовища, а рівняння регресії (1) дало змогу зробити висновки про рівень їхніх оптимальних концентрацій:

$$y = 25,1 + 6,3 x_1 - 5,3 x_2 + 2,3 x_3 - 1,3 x_1 x_2 \quad (1)$$

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Таблиця 1. Концентрації компонентів поживного середовища для синтезу ПАР *N. vaccinii* К-8 (перший етап) у плані ПФЕ 2³

№	Досліджуваний фактор	Рівні досліджуваних факторів		
		-1	0	+1
1	Гліцерин (%), x_1	0,5	1	1,5
2	NaNO ₃ (г/л), x_2	0,5	1	1,5
3	Дріжджовий екстракт (г/л), x_3	0,15	0,2	0,25

Таблиця 2. Результати реалізації дослідів за планом ПФЕ 2³ (перший етап)

№	Рівні факторів			ПАР*
	Гліцерин	NaNO ₃	Дріжджовий екстракт	
1	-1	-1	-1	2,2±0,08
2	+1	-1	-1	4,5±0,11
3	-1	+1	-1	1,6±0,06
4	+1	+1	-1	3,1±0,09
5	-1	-1	+1	3,7±0,1
6	+1	-1	+1	4,8±0,12
7	-1	+1	+1	1,9±0,05
8	+1	+1	+1	3,3±0,07

Коефіцієнти у рівнянні регресії (1) певною мірою характеризують процес біосинтезу. Так, якщо коефіцієнт зі знаком «-», то підвищення концентрації відповідного фактору призведе до зниження кількості синтезованого цільового продукту, а у разі знаку «+» збільшення концентрації цього фактора супроводжуватиметься підвищенням кількості ПАР.

Базуючись на висновках, зроблених за допомогою першої серії дослідів, ми встановили нові концентрації факторів (табл. 3). Дані, наведені у табл. 3, засвідчують, що на наступному етапі досліджень концентрацію джерела азоту потрібно залишити на попередньому рівні, а концентрацію двох інших факторів збільшити. Результати другої серії дослідів наведено у табл. 4.

Таблиця 3. Концентрації компонентів поживного середовища для синтезу ПАР *N. vaccinii* К-8 (другий етап) у плані ПФЕ 2³

№	Досліджуваний фактор	Рівні досліджуваних факторів		
		-1	0	+1
1	Гліцерин (%), x_1	1,5	2,5	3,5
2	NaNO ₃ (г/л), x_2	0,5	1	1,5
3	Дріжджовий екстракт (г/л), x_3	0,3	0,4	0,5

Таблиця 4. Результати реалізації дослідів за планом ПФЕ 2³ (другий етап)

№	Рівні факторів			ПАР*
	Гліцерин	NaNO ₃	Дріжджовий екстракт	
1	-1	-1	-1	5,2±0,13
2	+1	-1	-1	3,6±0,08
3	-1	+1	-1	4,2±0,1
4	+1	+1	-1	3,7±0,07
5	-1	-1	+1	4,8±0,11
6	+1	-1	+1	3,5±0,06
7	-1	+1	+1	4,1±0,09
8	+1	+1	+1	3,1±0,07

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Як видно з наведених у табл. 4 даних, найвищий результат (умовна концентрація ПАР 5,2) спостерігався у першому варіанті, в якому концентрації усіх факторів були на нижчому рівні. Аналіз рівняння регресії (2) показав, що найбільший вплив на процес спричиняють концентрації гліцерину та нітрату натрію:

$$y = 32,2 - 4,4x_1 - 2x_2 + 1,4x_1x_2 \quad (2)$$

Аналіз рівняння регресії (2) свідчить також, що вищі показники синтезу ПАР будуть спостерігатися у разі, якщо концентрація гліцерину і нітрату натрію перебуватимуть на нижчому рівні. Дане рівняння регресії не описує залежності синтезу ПАР від концентрації дріжджового екстракту, проте оскільки найвищий результат спостерігався у варіанті, в якому концентрація екстракту становить 0,3 (найнижчий рівень) можна зробити відповідний висновок про його вміст у середовищі культивування штаму К-8.

Дані, наведені у табл. 2 і 4, показують ефективність математичних методів планування експерименту. Так, найбільший показник умовної концентрації ПАР*, отриманий у однофакторних дослідженнях (4,2), є нижчим порівняно з результатами експериментів, в яких застосовувалися математичні методи планування. Зокрема, на першому етапі, коли концентрації факторів було обрано на основі теоретичних міркувань і результатів однофакторних експериментів, вдалося підвищити показник ПАР* до 4,8, а вже на другому, де межі концентрацій факторів встановлено за допомогою рівняння регресії, умовна концентрація ПАР становила 5,2. Таким чином, використання математичних методів планування експерименту дало змогу збільшити умовну концентрацію ПАР на 23 % порівняно з результатами однофакторних досліджень.

У процесі оптимізації умов культивування *N. vaccinii* К-8 ми встановили таку закономірність: у більшості експериментів умовна концентрація ПАР підвищувалася, але при цьому і значення поверхневого натягу супернатанту культуральної рідини також збільшувалося порівняно з показниками, одержуваними раніше у однофакторних дослідженнях. Ми припустили, що це явище може бути зумовлене такою причиною. Мікроорганізми-продуценти ПАР зазвичай синтезують комплекс різних поверхнево-активних речовин (гліко-, аміно-, фосфо- та нейтральні ліпіди, жирні кислоти), склад яких змінюється залежно від умов культивування [2]. Цілком ймовірно, що встановлені нами умови культивування штаму К-8 виявилися сприятливими для синтезу певного компонента ПАР з відповідними властивостями (зокрема, за таких умов можуть переважно синтезуватися жирні кислоти, які знижують поверхневий натяг незначно порівняно, наприклад, з гліколіпідами). Виясненню цих питань будуть присвячені наші подальші дослідження.

Отже, використання для оцінки синтезу ПАР показника умовної концентрації поверхнево-активних речовин не завжди може бути коректним і у певних випадках повинно бути підтверджене іншими критеріями. У зв'язку з цим на наступному етапі як показник синтезу цільового продукту використовували кількість синтезованих ПАР (г/л), що визначається ваговим методом після попередньої екстракції органічними розчинниками поверхнево-активних речовин з супернатанту культуральної рідини.

У даних експериментах ми перевіряли концентрацію гліцерину у середовищі культивування штаму К-8, встановлену з використанням математичних методів планування, а також досліджували вплив цитрату натрію на синтез ПАР (табл. 5). Позитивний ефект від внесення цитрату натрію зумовлений його активуючим впливом на фермент ацетил-КоА-карбоксилазу, що каталізує перетворення ацетил-КоА у малоніл-КоА, що в свою чергу супроводжується збільшенням синтезу жирних кислот, а відповідно, й ліпідних ПАР.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Дані, наведені у табл. 5, є дуже цікавими для роздумів. По-перше, вони підтверджують, що концентрація гліцерину, визначена за допомогою математичних методів планування експерименту, є оптимальною. По-друге, кількість ПАР (г/л, табл. 5) значно вища, ніж показники умовної концентрації ПАР, визначені у попередніх експериментах (див. табл. 2 і 4). Отже, концентрація синтезованих ПАР є достатньо високою (і кількісний метод дає змогу її визначити), а от показник умовної концентрації ПАР оцінює кількість цільового продукту неадекватно. І, нарешті, дані табл. 5 свідчать, що цитрат негативно впливає на синтез ПАР *N. vaccinii* К-8. Такі результати виявилися несподіваними, оскільки за літературними і власними експериментальними даними, одержаними раніше для продуцентів ПАР *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 і *Acinetobacter calcoaceticus* К-4, цитрат є позитивним регулятором синтезу ліпідів у мікроорганізмів. Дослідження цього питання буде предметом нашої подальшої роботи. Ми припускаємо, що цитрат може спричинити позитивний вплив на синтез ПАР за умови його внесення у середовище культивування штаму К-8 не на початку процесу, а наприкінці експоненційної фази росту. Крім того, цілком ймовірно, що у даних експериментах використовували неоптимальну концентрацію цієї органічної кислоти.

Таблиця 5. Вплив концентрації гліцерину та цитрату на синтез ПАР *N. vaccinii* К-8

Концентрація гліцерину, %	Концентрація цитрату, %	Концентрація ПАР, г/л	Вихід ПАР від заданого субстрату, %
1,5	0,1	9,63±0,21	51±2,5
	0	12,60±0,24	67±3,3
2,0	0,1	7,80±0,19	31±1,5
	0	12,25±0,22	49±2,4
2,5	0,1	7,63±0,18	24±1,2
	0	12,32±0,23	39±2,0

Примітки. Концентрація поверхнево-активних речовин, синтезованих штамом К-8 на вихідному (неоптимізованому) середовищі з гліцериним становила 3,2 г/л. Цитрат вносили у середовище на початку процесу культивування.

Висновки. Отже, проведений комплекс досліджень дав змогу впевнитися в ефективності математичних методів планування експерименту, використання яких дозволило збільшити у 4 рази кількість синтезованого цільового продукту. Найвищі показники синтезу ПАР *N. vaccinii* К-8 спостерігалися за внесення в середовище культивування 0,5 г/л NaNO_3 , 0,5 % (об'ємна частка) дріжджового екстракту та 1,5 % (об'ємна частка) гліцерину.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пирог Т.П., Манжула Н.А. Штам бактерій *Nocardia vaccinii* К-8 як потенційний продуцент поверхнево-активних речовин // Харчова промисловість. — 2008. — №7. — С. 29–32.
2. Пирог Т.П., Манжула Н.А. Синтез поверхнево-активних речовин у процесі культивування *Nocardia vaccinii* К-8 на гліцерині // Наукові праці НУХТ–2008. — №25, Ч.І. — С. 107–109.
3. Практикум по мікробіології / Под ред. А.И. Нетрусова. — М.: АCADEMIA, 2005. — 604 с.
4. Bhalchandra K., Snehal R. M., Renuka M. J. Enhanced production of amidase from *Rhodococcus erythropolis* MTCC 1526 by medium optimisation using a statistical experimental design // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. — 2009. — Vol.36. — P. 671–678.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

5. *Ram S. S, Harpreet S., Gaganpreet K. S.* Response surface optimization of the critical medium components for pullulan production by *Aureobasidium pullulans* FB-1 // *Appl. Biochem. Biotechnol.* — 2009. — Vol. 152. — P: 42–53.

6. *Singh A., Van Hamme J.D., Ward O.P.* Surfactants in microbiology and biotechnology. Part 2. Applications aspects // *Biotechnol. Adv.* — 2007. — Vol. 25. — P. 99–121.

Надійшла до редколегії 08.06.2010 р.

УДК 681.3

В.В. Кот

*О.М. М'яшило, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій*

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ЛІТЕРАТУРИ У НАУКОВО-ТЕХНІЧНІЙ БІБЛІОТЕЦІ

В статті розглянуто метод інтелектуального аналізу тексту за допомогою нейронних мереж. Запропонований метод використано для ідентифікації літературних джерел, що надходять у бібліотеку, з метою їх класифікації і каталогізації. На основі запропонованого методу розроблено і апробовано автоматизовану систему каталогізації літератури для науково-технічної бібліотеки Національного університету харчових технологій.

Ключові слова: *нейронні мережі, автоматизація, бібліотека, каталогізація.*

The article deals with predictive text analysis method using neural networks. The method of using neural networks to identify the literature that arrives in the library for their classification and cataloguing. Based on the method developed and tested an automated system for cataloguing books for Scientific and Technical Library National University of Food Technologies.

Key words: *neural networks, automation, library, cataloguing.*

Одним з найбільш поширених видів інтелектуальної діяльності є розпізнавання образів, в процесі якого відбувається вирішення задачі класифікації — віднесення деякого об'єкту предметної області до певного класу.

Найвні системи класифікації використовувалися для автоматичного зчитування інформації з анкет чи підрахунку голосів базуються на жорстко регламентованому розташуванні елементів, які підлягають класифікації. Якщо об'єкти, представлені у деякому наборі документів, подібні, але мають довільне розташування, то можливостей діючих систем класифікації недостатньо. Такими об'єктами можуть бути дані про друковані видання, що заносяться до каталогу бібліотеки. Довідки для ідентифікації певного джерела літератури розташовано, як правило, на другій сторінці книжки. Внесення їх до електронного каталогу бібліотеки Національного Університету харчових технологій (НТБ НУХТ) наразі відбувається в ручному режимі, що займає багато часу та витрат праці.

Зазначимо, що бібліотекар, дивлячись на опис літературного джерела визначає його складові: УДК, автора, видавництво, рік видання, кількість сторінок, тощо, тобто миттєво вирішує задачу розпізнавання елементів тексту. Для ефективного вирішення задачі автоматизованого розпізнавання елементів тексту було б доцільно використати методи на основі моделювання інтелектуальної діяльності людини. На сьогоднішній день таким інструментом є штучні нейронні мережі, системи, здатні навчатися на основі аналізу вхідних даних, та приймати рішення з застосуванням набутих знань.

Біологічний нейрон (нервова клітка) складається з тіла клітини — соми (soma), і двох типів зовнішніх деревоподібних відгалужень: аксона (axon) і дендритів (dendrites). Тіло клітини складається з ядра (nucleus), що містить інфор-

мацію про властивості нейрона, і плазми, яка продукує необхідні для нейрона матеріали. Нейрон отримує сигнали (імпульси) від інших нейронів через дендрити (приймачі) і передає сигнали, згенеровані тілом клітки, вздовж аксона (передача), що наприкінці розгалужується на волокна (strands). На закінченнях волокон знаходяться синапси (synapses).

Синапс є функціональним вузлом між двома нейронами (волокно аксона одного нейрона і дендрит іншого). Коли імпульс досягає синаптичного закінчення, продукуються хімічні речовини, названі нейротрансмітерами. Нейротрансмітери проходять через синаптичну щілину, збуджуючи або гальмуючи, у залежності від типу синапсу, здатність нейрона-приймача генерувати електричні імпульси.

Базовий модуль нейронних мереж штучний нейрон моделює основні функції природного нейрона (рис. 2).

Вхідні сигнали x_n мають вагові коефіцієнти w_n . У найпростішому випадку функція суматора виглядає як $\sum w_i \cdot x_i$, де i змінюється від 1 до n . Вхідні дані проходять через передатну функцію, генерують результат і виводяться.

Здатність до навчання є фундаментальною властивістю мозку. Процес навчання може розглядатися як визначення архітектури штучної нейронної мережі і налаштування ваг зв'язків для ефективного виконання спеціальної задачі. Нейромережа налаштовує ваги зв'язків по наявній навчальній множині. Властивість нейронних мереж навчатися на прикладах робить їх більш привабливими в порівнянні із системами, які функціонують згідно визначеній системі правил, сформульованої експертами.

Для процесу навчання необхідно мати модель зовнішнього середовища, у якій функціонує нейронна мережа — потрібну для вирішення задачі інформацію. По-друге, необхідно визначити, як модифікувати вагові параметри мережі. Алгоритм навчання означає процедуру, в якій використовуються правила навчання для налаштування ваг.

В даній статті розглядається метод розпізнавання та класифікації ключових елементів текстової інформації для ефективного вирішення задач каталогізації бібліотечних документів. Досягнення мети полягає у швидкій та ефективній класифікації ключових елементів зворотної сторони титульного листа бібліотечного документу та структурованому представленні вихідного текстового блоку у вигляді картки бібліотечного каталогу. В якості критерію ефективності виступає точність класифікації.

Реалізація методу складається з трьох етапів:

1. Підготовчий етап:

- Збирання та підготовка комплекту текстів для навчальної вибірки;
- Підготовка навчальної вибірки для структурних класів тексту.



Рис. 1. Схема біологічного нейрона

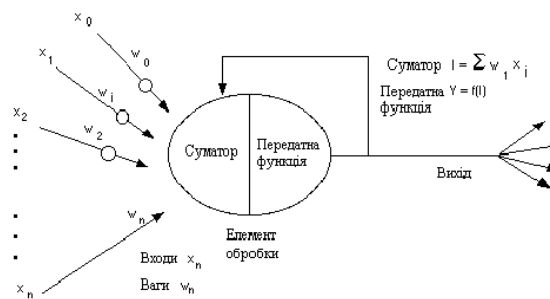


Рис. 2. Базовий штучний нейрон

2. Етап навчання:

- Навчання нейронів штучної нейронної мережі на основі навчальної вибірки;
- Коригування результатів навчання.

3. Етап використання навченої штучної нейронної мережі.

На першому етапі здійснюється підготовка текстових файлів для навчальної вибірки шляхом сканування зворотних сторінок титульних листів певного набору літератури.

Наступним кроком є складання навчальних вибірок для кожного класу, який буде розпізнаватись. Навчальна вибірка для класу — це масив текстових рядків з визначеними коефіцієнтами належності до класу, що коливаються у діапазоні від 0.1 до 0.9. Етап навчання полягає у навчанні нейронів за алгоритмом коригування вагових коефіцієнтів методом зворотнього розповсюдження помилки для визначення класів об'єктів тексту на основі відповідної навчальної вибірки. Проводиться оцінка результатів навчання кожного нейрона та здійснюються відповідні коригування параметрів навчання, а саме коефіцієнту швидкості навчання, функцій зсувів вхідних значень, активаційної функції. Навчання вважається завершеним, коли всі нейрони в переважній більшості випадків правильно класифікують відповідні структурні елементи тексту.

Етап використання навченої штучної нейронної мережі полягає у аналізі вхідного текстового блоку у такій послідовності:

- визначення інформаційного рядка за ключовими характеристиками класу;
- визначення інших структурних елементів за набором ключових характеристик класу та функції відстані від інформаційного рядка;
- коригування неправильних результатів шляхом вибору вірних значень та проведення додаткового навчання;
- формування файлу результатів класифікації;

Метод було застосовано для вирішення задачі автоматизованої каталогізації літератури науково-технічної бібліотеки Національного університету харчових технологій (НТБ НУХТ). До програмних модулів системи включено метод розпізнавання структурних елементів тексту, об'єктну модель класу «Штучний нейрон» та алгоритм розбиття тексту на елементарні структурні одиниці.

Навчання нейронів на основі навчальних вибірок. Функція надає можливість обрати нейрон, задати кількість епох навчання, та обрати текстовий файл з навчальною вибіркою.

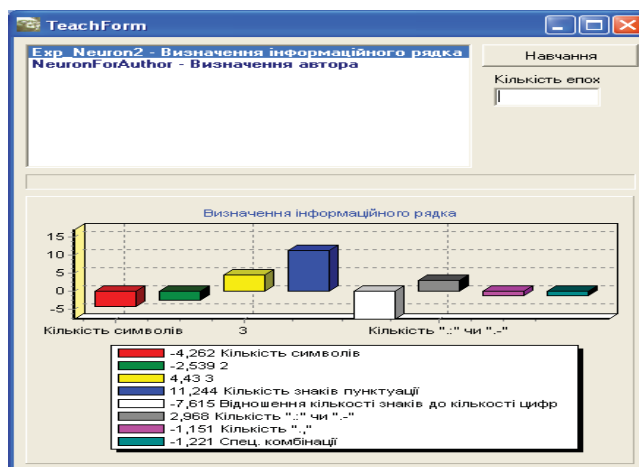


Рис. 3 Процес визначення параметрів навчання нейрону

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Процес навчання супроводжується візуалізацією змін вагових коефіцієнтів за допомогою діаграми поточного значення вагових коефіцієнтів та діаграми зміни вагових коефіцієнтів у часі.

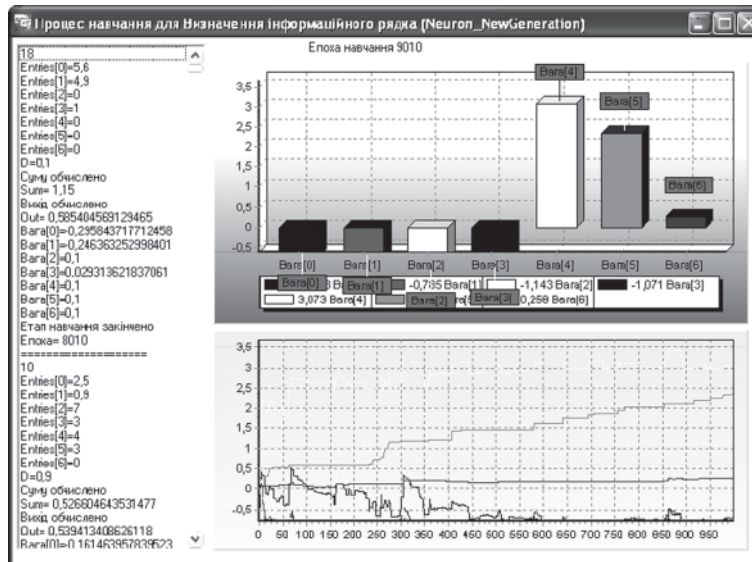


Рис. 4 Візуальне відображення процесу навчання нейрону

Налагодження. Функція використовується для створення нових екземплярів класу «Нейрон», визначення та збереження їх параметрів у файл.

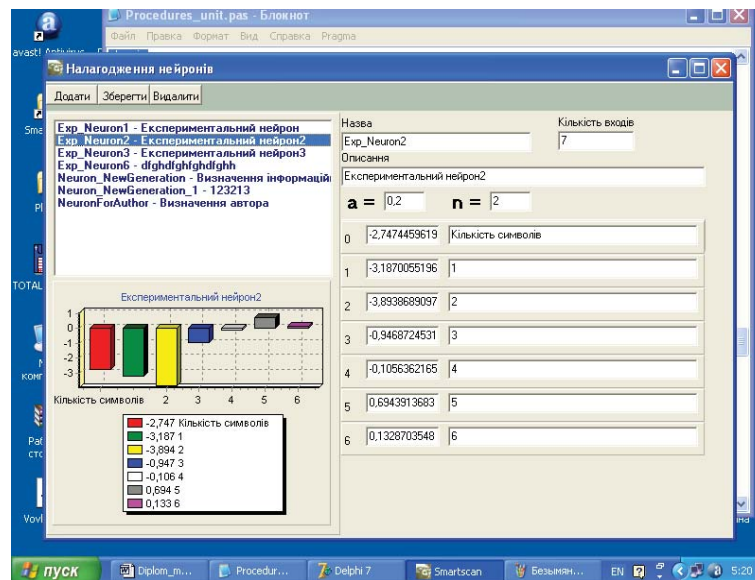


Рис. 5 Налагодження нейрону

Розпізнавання з файлу. Функція застосовується для вибору текстового файлу, який буде проаналізовано, з метою розпізнавання ключових структурних елементів тексту.

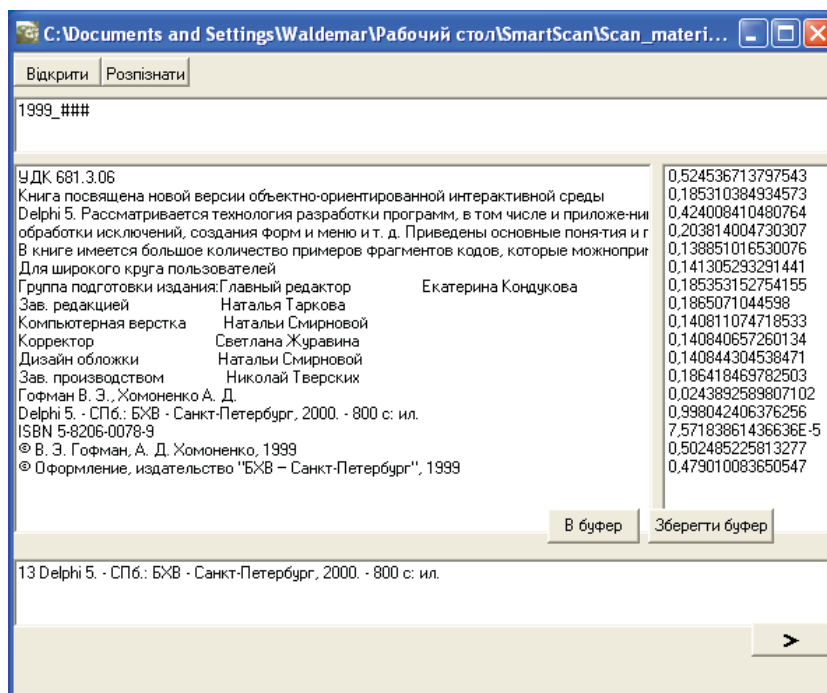


Рис. 6. Розпізнавання інформаційного рядка

Текстовий файл, що містить відскановану другу сторінку підручника, проходить автоматичну перевірку кожного рядка на належність до класу інформаційних рядків. За результатами перевірки обирається елемент, характеристики якого максимально відповідають класу, що визначається.

В даному випадку інформаційним рядком, що відображує назву підручника, видавництва та рік видання буде 13 рядок (нумерація починається з нульового рядка) — коефіцієнт співпадання більше ніж 0,99.

Для класифікації інформаційного рядка використовують наступні характеристики:

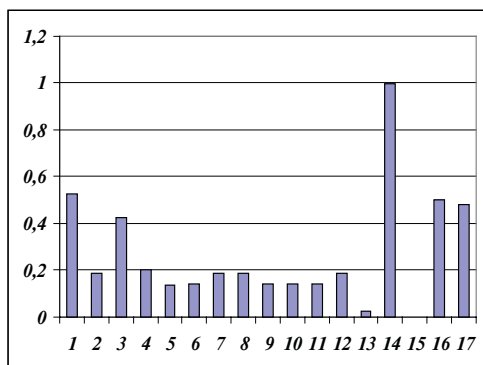


Рис. 7. Діаграма результатів класифікації елементів текстового блоку.

1. довжина рядка
2. кількість символів у рядку
3. кількість цифр
4. кількість знаків пунктуації
5. Відношення кількості цифр до кількості символів
6. Кількість спеціальних комбінацій знаків пунктуації.
7. Кількість спеціальних символів.

Для визначення ефективності роботи розробленої інформаційної системи, проведемо тестування на масиві тексту, що не приймав участі у формуванні навчальної вибірки.

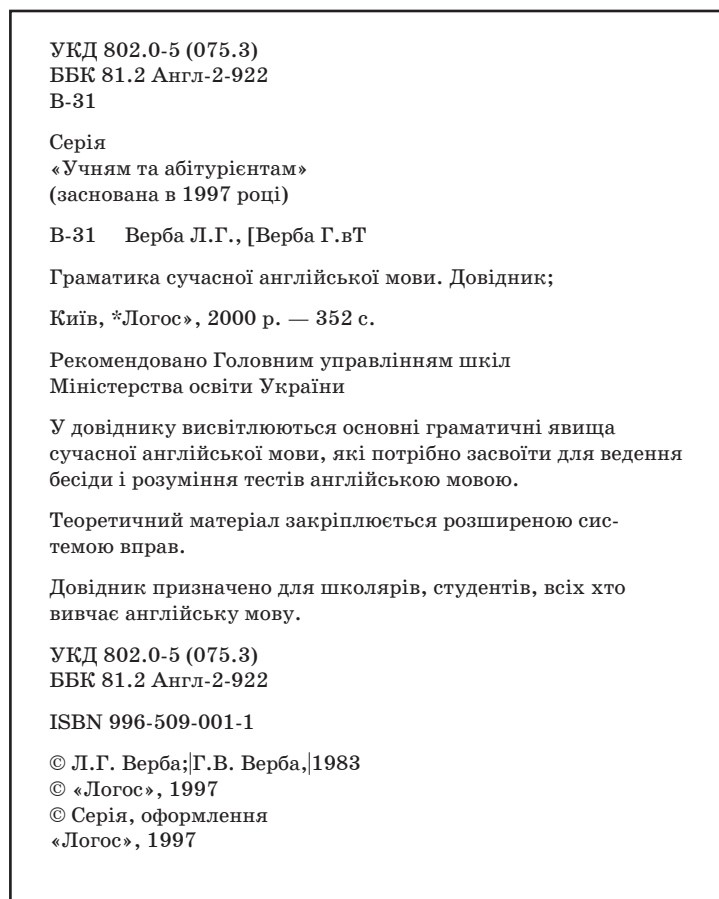


Рис. 8. Відсканований текст для тестування розробки

В результаті тестового аналізу тексту отримали наступні дані:

Інформаційний рядок: Грамматика сучасної англійської мови. Довідник; Київ, *Логос», 2000 р. — 352 с.

Автор: Верба Л.Г.

Місто видання: Київ

Видавництво: *Логос

Кількість сторінок: 352

Код УДК: 802.0-5 (075.3)

Код ББК: 81.2 Англ-2-922

Код ISBN: 996-509-001-1

Підсумовуючи вищесказане зазначимо, що в результаті проведених досліджень розроблено метод, модель та алгоритм, які дозволяють більш ефективно вирішувати задачі розпізнавання та класифікації структурних елементів тексту, в тому числі:

– Метод розпізнавання структурних елементів тексту з використанням штучних нейронних мереж, який відрізняється від існуючих методів здатністю оброблювати слабо структурований текст.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

– Об’єктна модель штучної нейронної мережі, яка може бути швидко та ефективно підключеною до інформаційної системи з використанням методів моделювання штучного інтелекту.

– Алгоритм розбиття тексту на елементарні структурні одиниці, як допоміжний метод для попередньої обробки тексту.

Розробка виконувалась у рамках наукової магістерської роботи на кафедрі інформаційних систем НУХТ, пройшла дослідну експлуатацію та впроваджена в НТВ НУХТ.

Висновок: використання штучних нейронних мереж для вирішення задач класифікації елементів тексту, розвинене слабко, не має чіткої методології та реалізації, що багато в чому пов’язано з відсутністю опрацьованої теорії і практики рішення подібних задач. Тому вирішення практичної задачі класифікації елементів тексту з використанням штучних нейронних мереж та проведення досліджень в цьому напрямку є актуальним в контексті розвитку наукових знань з моделювання інтелектуальної діяльності людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kohonen T. Self-organized formation of topologically correct feature maps. // *Biological Cybernetics*. — 1992. — № 43. — Р. 59–69.
2. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.
3. Минский М., Пейперт С. Перцептроны. — М.: Мир, 1991. — 261 с.
4. Роберт Каллан. Основные концепции нейронных сетей.: Пер. с англ. — М.:Изд. дом «Вильямс», 2003. — 288 с.
5. Сэлтон Г. Автоматическая обработка, хранение и поиск информации: Пер. с англ. / Под ред. А.И. Китова. — М.: Советское радио, 1993. — 560 с
6. Шульце К.-П., Реберг К.-Ю. Инженерный анализ адаптивных систем: Пер. с нем. — М.: Мир, 1992. — 280 с.

Надійшла до редколегії 29.11.2010

УДК662.92+666.747

*О.Ф. Буляндра, д-р техн. наук
Національний університет
харчових технологій
Л.С. Гапонич, канд. техн. наук
М.В. Чернявський, канд. техн. наук
Інститут вугільних
енерготехнологій НАН України*

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ТЕРМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ БУРОГО ВУГІЛЛЯ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОТЛІВ

Проведено аналіз балансових запасів бурого вугілля на території України, проаналізовано проблеми енергетичного використання бурого вугілля. Наведено результати дослідження закономірностей піролізу бурого вугілля в діапазоні режимних параметрів, характерних для технологій киплячого шару.

***Ключові слова:** буре вугілля, піроліз, киплячий шар, режимні параметри, енергоустановки, комунальна та промислова енергетика.*

We analyze the balance reserves of brown coal on the Ukrainian territory and the problems of its use in power engineering. We present some results of studying the laws of brown coal pyrolysis within the range of regime parameters characteristic for fluidized bed technologies.

***Key words:** brown coal, pyrolysis, fluidized bed, regime parameters, power plants, municipal and industrial power engineering.*

Зростання цін на вуглеводневі палива до світового рівня загостило проблему зменшення використання природного газу та мазуту в теплоенергетиці України. Основним споживачем газу в Україні є

комунальна та промислова теплоенергетика. Річне споживання газу в комунальній та промисловій теплоенергетиці перевищує 25 млрд. м³. Для порівняння — на ТЕЦ і котельнях Мінпаливенерго України у 2009 році було використано 3,4 млрд м³ газу, а на всіх ТЕС України — 0,4 млрд. м³. Поряд з цим, подорожчання цін на природний газ сприяло подальшому збільшенню дефіциту енергетичного вугілля.

Перспективним паливом для зменшення дефіциту енергетичного вугілля і заміщення газу в комунальній та промисловій теплоенергетиці є буре вугілля. Його загальні розвідані запаси — 8,7 млрд т (6,6 % в структурі балансових запасів України), балансові запаси — 2,24 млрд т, у тому числі придатні для відкритих робіт більше 500 млн т.

Поклади бурого вугілля в Україні знаходяться на території Кіровоградської, Черкаської, Житомирської, Дніпропетровської та Харківської областей. Існує 27 родовищ, що мають промислове значення. Вугілля (за вітчизняною класифікацією Б1) має вологість робочого палива $W^r = 54\text{--}58\%$, зольність на суху масу $A^d = 15\text{--}45\%$, вихід летких на суху масу $V^d = 45\text{--}55\%$, загальний вміст сірки на суху масу $S_t^d = 2,5\text{--}4,6\%$, нижчу теплоту згоряння робочого палива $Q_i^r = 6,6\text{--}9,0$ МДж/кг.

Найбільш розвіданим та перспективним для експлуатації є Олександрійський буровугільний басейн. У ньому підготовлено до експлуатації 8 родовищ загальною потужністю 115 млн тонн, у тому числі 6 — для відкритої розробки загальною потужністю 85 млн тонн. Річний видобуток бурого вугілля в Олександрійському басейні постійно зменшувався з 11 млн тонн — в 1975 р. до 4,6 млн тонн — в 1995 р., 1,2 млн тонн — в 2000 р., 0,36 млн. тонн — в 2006 р., 41,2 тис. тонн — в 2008 р.

© О.Ф. Буляндра, Л.С. Гапонич, М. В. Чернявський, 2010 р.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

На сьогодні буре вугілля практично не використовується в енергетиці. В той же час його запаси дозволяють щорічно залучати до паливно-енергетичного балансу України до 3 млн тонн умовного палива, і, за рахунок цього, економити близько 1 млрд м³ природного газу. Але існуючі ТЕС України не пристосовані для спалювання бурого вугілля. Проблеми енергетичного використання бурого вугілля можна вирішити впровадженням нових високоефективних і екологічно чистих вугільних технологій. Буре вугілля доцільно спалювати в енергетичних котлоагрегатах з різними модифікаціями киплячого шару (КШ), у діючих промислових та комунальних котлоагрегатах, в тому числі і на ТЕЦ цукрових заводів, за рахунок встановлення перед ними передтопків КШ [3, 5]. Так, за технологією циркулюючого киплячого шару на польському бурому вугіллі працює ТЕС «Електровня Турів» (Богатиня, Польща): потужність — 3×235 МВт, 3×262 МВт, блоки введені в експлуатацію з 1998 до 2004 р.

Для реалізації технологій киплячого шару на ТЕЦ, окрім результатів кінетичних досліджень горіння бурого вугілля, необхідно мати результати дослідження закономірностей його піролізу в діапазоні режимних параметрів, характерних для технологій КШ.

Експерименти по визначенню закономірностей виходу летких при піролізі бурого вугілля проводились на лабораторній установці з реактором КШ у діапазоні температур 1073–1253 К, тисків 0,1–2,5 МПа, розмірів вугільних частинок 0,63–2,5 мм, швидкостей газу-носія у всьому діапазоні існування киплячого шару в інертному середовищі (гелій, азот) та в середовищі CO₂. Умови КШ моделювалися введенням холодних дискретних наважок вугілля у прогрітий шар інертного матеріалу значно більшої ваги. Аналіз газових продуктів на виході реактору здійснювався мас-спектрометром по компонентах H₂, CO, CH₄, CO₂.

В експериментах використовувалося попередньо підсушене буре вугілля Б1. У таблиці 1 наведено його технічний та елементний склад.

Процес запалювання і горіння частинок натурального твердого палива можна умовно розділити на стадії: нагрів і сушка частинок, вихід і горіння летких, горіння твердого залишку. Стосовно режимних параметрів дослідження, були розраховані тривалості нагрівання частинок Б1 класів крупності 0,63–1,0, 1,0–1,6, 1,6–2,5 мм до температур 1073–1273 К при атмосферному тиску для різних газів-носіїв. Для He вони складають 0,24–1,58 с; для CO₂ — 0,7–4,0 с. Отже, діапазон середніх швидкостей нагріву частинок бурого вугілля в інертному середовищі — 0,7...5·10³ К/с, в середовищі CO₂ — 0,3...1,8·10³ К/с.

Таблиця 1. Характеристики бурого вугілля Б1

Класкрупності δ, мм	W ^a , %	A ^d , %	V ^d , %	V ^{daf} , %	Елементний склад, % daf				
					C	H	N	O	S
1,6 — 2,5	6,8	45,1	30,2	51,1					
1,0 — 1,6	6,4	40,4	32,4	54,4	71,4	5,4	1,3	19,8	2,1
0,63 — 1,0	6,2	42,1	28,9	49,9					

На рис. 1 показана типова картина динаміки швидкості виходу $dW_i/d\tau$ і концентрації n_i основних компонентів летких при піролізі в КШ наважки Б1 при атмосферному тиску і середній швидкості газу-носія $w_{гн}$.

Вигляд кривої аналогічний теоретичній динамічній кривій швидкості виходу компонентів, отриманій для випадків, в яких після швидкого нагріву частинок відбувається тривала ізотермічна витримка до припинення виходу компонентів летких [2, 7]:

$$\frac{dW_i}{d\tau} = W_{oi}k_i \exp(-k_i\tau),$$

де W_{oi} і W_i — відповідно кінцевий і поточний об'єми i -го компонента летких, k_i — константа швидкості, що залежить від температури за Арреніусом.

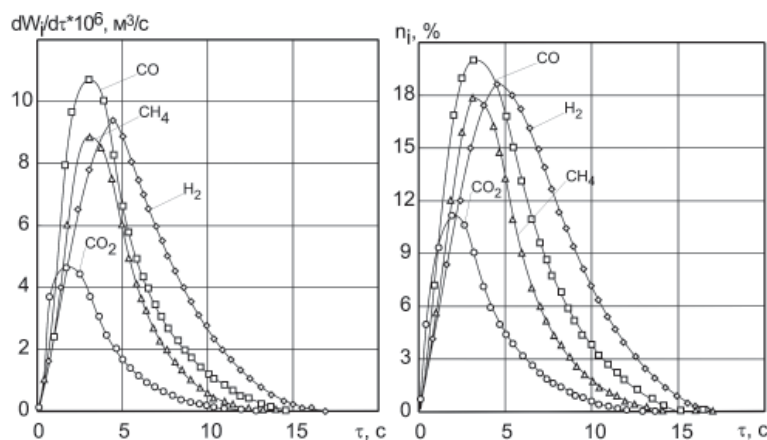


Рис. 1. Динаміка виходу і концентрації піролізних газів при піролізі в КШ наважки Б1 ($T_b=1123$ К, $w_m=0,11$ м/с, $\delta=1,0-1,6$ мм, $M_0=1$ г)

Тривалість початкової ділянки процесу (до досягнення максимуму газовиділення) залежить від тривалостей послідовно-паралельних стадій прогріву й перемішування вугільних частинок у шарі. Тривалості перемішування залежать від геометрії реактору киплячого шару, температури шару, швидкості газу-носія і для режимних параметрів експериментів складають 0,04–1,5 с. Проведені розрахунки показують, що сума часів стадій прогріву (0,24–1,58 с) й перемішування (0,04–1,5 с) частинок Б1 в інертному середовищі не перевищує часів початкової ділянки експериментальних кривих (рис. 1). В проведених експериментах частинки вугілля на протязі основного часу виходу летких після максимуму мають постійну температуру, близьку до температури шару.

Першою стадією будь-якої термічної переробки твердого палива є піроліз. Піроліз вугілля складається з послідовно-паралельних конкуруючих реакцій деструкції і синтезу, в основі яких лежить ланцюговий вільно-радикальний механізм [2, 7]. Вихід і склад продуктів піролізу залежить від ступеня метаморфізму вугілля, розміру частинок, температури та швидкості нагріву, а також від середовища.

Однією з основних задач при дослідженні піролізу вугілля є визначення складу газоподібних продуктів. Леткі, що утворюються в результаті термічної деструкції вугілля, складаються з компонентів, що конденсуються (у тому числі H_2O), і піролізного газу, що включає H_2 , CH_4 , CO , CO_2 , C_nH_m . Експерименти в інертному середовищі показали, що питомий вихід H_2 , CO , CH_4 , CO_2 залежить від температури та корелює з елементним, петрографічним складом та ступенем метаморфізму вугілля. Змінення розміру частинок в діапазоні 0,63–2,5 мм та швидкостей газу-носія у вказаних межах не впливає на кількісний і якісний склад піролізних газів при піролізі бурого вугілля у киплячому шарі в інертному середовищі. Встановлені значення питомих виходів H_2 , CH_4 , CO , CO_2 для різних температур шару T_b , наведені у табл. 2. Питомі виходи H_2 , CH_4 , CO і CO_2 у діапазоні температур шару 1023–1223 К збільшуються з підвищенням температури до максимального значення, подальше підвищення температури шару призводить до деякого зниження питомих виходів CH_4 і CO_2 , зв'язаного з вторинними реакціями цих газів при високих температурах.

Співставлення визначеного елементного складу піролізних газів з елементним складом летких вугілля за стандартним аналізом показало, що у вигляді газів H_2 , CH_4 , CO , CO_2 виходить основна частина елементів летких: до 56 % С, 50 %

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Н і 96 % О. Зменшення спостережуваної кількості Н, С и О в області температур вище 1223 К пояснюється тим, що результатом вторинних реакцій є водяна пара й сажа, які не реєструються в експерименті. Аналіз даних елементного складу (Н/С = 0,92, О/С = 0,21) [1] показує, що для Б1 характерний високий вихід летких за рахунок смол, при порівняно низькому виході газів.

Таблиця 2. Температурі залежності питомих покомпонентних виходів та елементних складів газоподібних продуктів піролізу вугілля Б1

T _b , К	Питомий вихід W _г , 10 ⁻³ м ³ /кг (daf)				Елементний склад, % (daf)		
	H ₂	CH ₄	CO	CO ₂	С	Н	О
1023	90	25	80	30	6,7	1,1	9,2
1063	125	35	90	40	8,2	1,6	11,2
1103	175	45	100	55	10,0	2,2	13,8
1143	190	50	110	63	11,0	2,4	15,5
1183	195	65	120	75	12,8	2,7	17,8
1223	200	70	120	90	13,6	2,8	19,1
1273	200	50	120	60	11,4	2,5	15,8
Вихідний елементний склад летких					24,8	5,6	20,1

Швидкісний піроліз бурого вугілля в КШ у діапазоні температур 1023–273 К і розмірів вугільних частинок 0,63–2,5 мм відбувається у дві стадії: на початковій стадії має місце нагрів вугільних частинок до температури шару (середня швидкість нагріву 10³ К/с), на основній стадії — вихід летких в ізотермічних умовах. Для виявлення залежності констант швидкостей виходу компонентів летких від температури шару і впливу швидкості газу-носія на динаміку виходу піролізних газів на основній стадії було проведено серію експериментів, в яких при атмосферному тиску і фіксованій температурі наважка вугілля (M₀=1 г) піддавалася піролізу при різних швидкостях газу-носія. Результати проілюстровані на рис. 2, де для температури шару 1128 К наведені часові залежності швидкостей виходу H₂, CH₄, CO, CO₂ при піролізі в інертному середовищі наважки Б1.

Константи швидкостей на ділянках спаду динамічних кривих, що спостерігаються в експерименті, визначаються температурою шару, видом компоненти та режимними умовами експерименту. С погіршенням умов евакуації, тобто із зниженням швидкості газу-носія для кожної температури шару, константи швидкостей газовиділення, що спостерігаються, зменшуються.

Експерименти з варіюванням класу крупності вугілля ($\delta = 0,63\text{--}1,0, 1,0\text{--}1,6, 1,6\text{--}2,5$ мм) показали, що розмір впливає тільки на тривалість нагрівання частинки до температури шару і не впливає на константи швидкості виходу піролізних газів. Для кожної температури шару при достатньо високих швидкостях газу-носія константи швидкостей газовиділення досягають максимальних значень, незалежних від розмірів частинок у дослідженому діапазоні та зростаючих з температурою шару. У таблиці 3 наведені усереднені максимальні константи швидкостей виходу основних компонентів летких при піролізі в киплячому шарі при атмосферному тиску наважок частинок Б1 класів крупності 0,63–1,0, 1,0–1,6, 1,6–2,5 мм для різних температур.

Незалежність питомих виходів та констант швидкостей виходу піролізних газів від розміру частинок та швидкостей газу-носія показує, що газовиділення при швидкісному піролізі у вказаних умовах відбувається у кінетичній області, тобто визначається тільки швидкістю термодеструкції. При швидкісному піролізі на першій стадії, коли температура частинки збільшується, закономірності виходу компонентів летких залежать від транспорту теплоти до частинки й у глибину частинки, а на основній стадії (ізотермічні умови) вихід летких відбувається в області хімічного контролю [7].

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Таблиця 3. Температурні залежності констант швидкостей виходу основних піролізних газів для частинок Б1

T_b, K	k_{H_2}, c^{-1}	k_{CO}, c^{-1}	k_{CH_4}, c^{-1}	k_{CO_2}, c^{-1}
1073	0,33	0,8	0,72	1,0
1098	0,38	1,10	0,92	1,1
1128	0,43	1,20	1,36	1,7
1138	0,46	1,46	1,18	1,8
1142	0,52	1,28	1,63	2,0
1223	0,71	1,76	1,64	2,2
1273	0,71	1,72	1,63	1,9

Контрольні експерименти з 2-3^х кратним підвищенням маси наважки при постійних температурах шару і швидкостях газу-носія показали, що динамічні криві швидкості парціального газовиділення для високих і середніх швидкостей газу-носія є адитивними. При малих швидкостях газу-носія подібного ефекту не спостерігається, навпроти, при цьому змінюється характер залежностей (рис. 2, точки 4, 5). При малих швидкостях газу-носія спостережується динаміка газовиділення залежить як від швидкості газу-носія, так і від маси наважки. Зниження швидкості газу-носія та/або підвищення вихідної маси наважки приводить до зменшення спостережуваних констант швидкостей виходу. Це свідчить про наявність хімічного гальмування процесу виходу легких режимними параметрами експерименту.

Для кожної температури шару при малих швидкостях газу-носія досягався режим, коли залежність парціальних тисків газоподібних компонентів легких P_i у максимумі від швидкості газу-носія та маси наважки зникала, газовиділення набувало рівноважний характер (рис. 2, точки 4). Це пояснюється ефектом стабілізації вільних радикальних зв'язків, що утворюються при термодеструкції, газоподібними компонентами (водорозмісними донорами), що при певних умо-

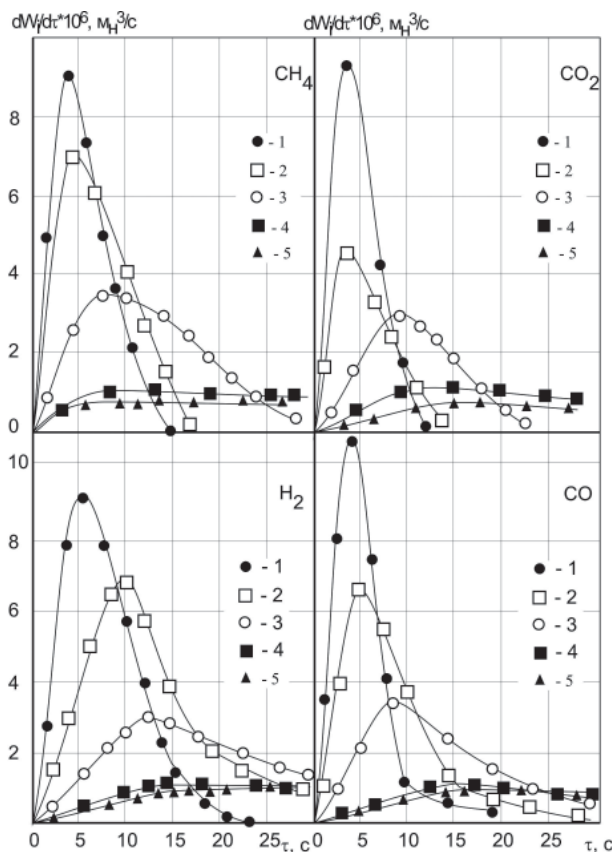


Рис.2. Динаміка швидкостей виходу компонентів легких при піролізі в КШ в інертному середовищі при температурі шару $T_b=1128 K$ частинок Б1 класу крупності 1,0-1,6 мм для різних швидкостей газу-носія ($w_n, м/с$: 1 — 0,1; 2 — 0,04; 3 — 0,02; 4,5 — 0,01) та мас наважок ($M_n, г$: 1,2,3,4 — 1; 5 — 3)

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

вах гальмує газовиділення. Цей ефект експериментально досліджений та використовується у вуглекислотних технологіях.

У табл. 4 наведено максимально досяжні в експериментах парціальні тиски продуктів газовиділення P_{oi} при піролізі в киплячому шарі наважок частинок Б1 в інертному середовищі.

Додаткове хімічне гальмування процесу газовиділення спостерігається у широкому діапазоні умов евакуації поряд з газотранспортним викривленням і може бути описане виразом:

$$\frac{1}{k_i} = \frac{1}{k_{in}} + \frac{W_{oi} T_p p_o}{P_{oi} w S_m T} + \frac{l_r}{w},$$

де k_{in} — константа прямої реакції газовиділення (таблиця 3), c^{-1} ; W_{oi} — кінцевий об'єм i -го компонента летких (таблиця 2), m_n^3/kg ; S_r — площа перерізу реактору, m^2 ; l_r — висота реактору, m ; p_o , T_o — тиск (МПа) та температура (К) при нормальних умовах.

Піроліз вугілля у реакторах КШ відбувається у середовищі продуктів горіння (до 20 % CO_2 , до 80 % N_2). Тому були проведені експериментальні дослідження динаміки виходу летких при піролізі у середовищі CO_2 . Експериментальне дослідження піролізу в КШ частинок Б1 у середовищі CO_2 показало наступне. Питомі виходи H_2 та CH_4 , що спостерігаються при піролізі в середовищі CO_2 , в порівнянні з інертним середовищем знижуються у всьому діапазоні температур. Зі збільшенням температури шару питомі виходи H_2 та CH_4 , що спостерігаються, збільшуються до температури 1233 К. При подальшому збільшенні температури вони зменшуються. Динаміка газовиділення також має екстремальний характер, константи швидкостей парціального газовиділення для кожної температури шару з зростанням швидкості газу-носія збільшуються до максимальних значень, незалежних від розміру частинок. Зростання констант швидкостей газовиділення H_2 та CH_4 при піролізі у середовищі CO_2 із збільшенням температури шару відбувається значно повільніше, ніж в інертному середовищі, а при підвищенні температури шару до 1248 К спостерігається зниження констант швидкостей газовиділення (табл.5).

Таблиця 4. Температурні залежності максимально досяжних тисків основних компонентів летких для Б1

T_b , К	P_{on_2} , МПа	P_{oco} , МПа	$P_{очн_4}$, МПа	P_{oco_2} , МПа
1073	0,021	0,014	0,015	0,010
1123	0,031	0,014	0,020	0,012
1158	0,032	0,017	0,023	0,015
1173	0,040	0,019	0,025	0,016

Таблиця 5. Температурні залежності констант швидкостей виходу H_2 та CH_4 при швидкісному піролізі наважок Б1 в середовищі CO_2

T_b , К	k_{H_2} , c^{-1}	k_{CH_4} , c^{-1}
1123	0,28	0,55
1173	0,34	0,79
1203	0,38	1,29
1233	0,71	1,25
1248	0,68	1,12

Більш низькі значення констант швидкостей виходу H_2 та CH_4 у середовищі CO_2 порівняно з інертним середовищем пов'язані з протіканням проміжних гомогенних реакцій газоподібних продуктів піролізу, що мають кінцеву швид-

кість, та зниженням температури вугільних частинок за рахунок реакцій газифікації, які відбуваються у середовищі CO_2 паралельно з піролізом [6]. Зниження питомих виходів H_2 та CH_4 , що спостерігаються у середовищі CO_2 , пов'язано з протіканням гомогенних реакцій конверсії метану та водяного зсуву.

Висновки. Проведені дослідження докладно описують поведінку частинок бурого вугілля при швидкісному піролізі в інертному середовищі та в продуктах горіння. Сукупно з кінетичними даними [7], вони є достатніми для використання в якості вихідних даних для інженерних оцінок потрібного часу перебування частинок бурого вугілля в реакторах киплячого шару.

ЛІТЕРАТУРА

1. Van Krevelen D.W. Coal and its properties related to conversion //CHEMsa, — 1983, — V. 9, — #11, — P. 214-217.
2. Грязнов Н.С. Пиролиз углей в процессе коксования. — М.: Metallургия, 1983. — 184 с.
3. Майстренко А.Ю. Использование технологий кипящего слоя для реконструкции угольных котлоагрегатов малой мощности// 4. Промышленная тепло-техника. — 1997. — Т. 19. — № 6. — С. 106-109.
4. Майстренко О.Ю. Основні закономірності горіння та газифікації високозольного вугілля в різних модифікаціях киплячого шару: Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.14.04 — К.: Ін-т газу НАН України, 1999. — 35 с.
5. Майстренко О.Ю., Топал О.І. Нові енергоехнології для термічної переробки бурого вугілля та відходів вуглезбагачення // Теплова енергетика — нові виклики часу. — Львів: НВФ «Українські технології», 2009. — 660 с.
6. Messenbock R., Dugwell D.R., Kandiyoti R. CO_2 and steam-gasification in a high-pressure wire-mesh reactor: the reactivity of Daw Mill coal and combustion reactivity of its chars // Fuel. — 1999. — V. 78. — P. 781 — 793.
7. Solomon P.R., Serio M.A., Suuberg E.M. Coal pyrolysis: experiments, kinetic rates and mechanisms// Prog. En. Comb. Sci. — 1992. — V.18. — P. 133-220.

Надійшла до редакції 16.07.10

УДК 658.515.2: 536

*В.М. Нигора, д-р техн. наук
А.О. Скивка, студ
А.І. Соколенко, студ
Національний університет
харчових технологій*

ЗОЛОТА ПРОПОРЦІЯ ЯК ЗАСІБ ЕСТЕТИЧНОГО ФОРМОТВОРЕННЯ В ДИЗАЙНЕРСЬКОМУ ПРОЕКТУВАННІ

Розглянуто геометричне обґрунтування гармонічної пропорції золотого перерізу та можливість її використання в задачах естетичного формотворення.

***Ключові слова:** система, золота пропорція, естетичне формотворення, дизайнерське проектування, композиція, ікосаедр, додекаедр.*

It was considered geometrical substantiation of gold cutting's harmonious proportion and a possibility of its using in problem of aesthetical formcreation.

***Key words:** system, gold proportion, aesthetically, beautiful formcreation, design project, composition, icosanetical, dodecanetical.*

Дизайнерське проектування — це метод і невід’ємна складова процесу проектування промислових виробів та товарів, призначених для безпосереднього використання людиною. Методом дизайнерського конструювання є пошук і розробка нового виробу з урахуванням оточуючого середовища та принципу єдності технічного і художнього рішення. В основі дизайнерського проектування лежать принципи, спрямовані на створення гармонії в системі «людина — техніка — середовище» і цьому підпорядковані всі сторони дизайнерської діяльності.

При проектуванні виробів важливо поряд із технічними характеристиками враховувати також їхні пропорції — це один із основних засобів композиції, за допомогою якого досягається співмірність частин і цілого, організованість та гармонія форми виробу.

Пропорційність геометричних характеристик відіграє значну роль в створенні геометричної форми виробу, яка, в свою чергу, має надзвичайно сильний зоровий вплив на людину. Пропорційна будова форми в техніці — не тільки засіб естетизації, вона приводить до конкретного інженерного ефекту, оскільки процес гармонізації форм виробів часто обумовлює корегування та зміну, як конструкції, так і компоновочних рішень цих виробів. Основним принципом пропорційності є гармонічні співвідношення розмірів частин цілого між собою і частин та цілого. Гармонійно можна вважати таку композицію, будь-яке втручання в яку-додавання або вилучення, зміна властивостей чи розташування елементів-приведе до зменшення позитивного емоційного враження, щосправляв первісний образ об’єкта на людину.

Ступінь гармонійності об’єкта визначають наступні властивості його композиції: цілістність характеризує міру композиційної довершеності об’єкта; впорядкованість розкриває структурні закономірності; поєднання частин у ціле; естетична виразність оцінює міру емоційного впливу об’єкта на користувача. Пропорціонування форми об’єктів в композиційних задачах ґрунтується навикористанні систем пропорцій. Відомі цілочисельні, арифметичні, модульні пропорції та ірраціональні геометричні пропорції (відношення діагоналі та сторони квадрату, висоти та основи рівностороннього трикутника).

Модульні пропорції застосовуються при стандартизації розмірів промислових виробів, при вирішенні задач агрегування технічних об’єктів; встановлю-

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

ють закономірність зв'язку частин і цілого шляхом повторення розміру базового модуля (рис.1,а). Геометричні пропорції ґрунтуються на геометричній подібності фігур (рис. 1,б).

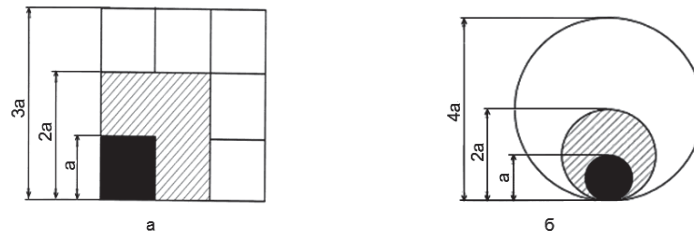


Рис. 1. Системи пропорцій: модульна (а), геометрична(б)

У геометричних пропорціях встановлюються коефіцієнти подібності які можуть бути рядом натуральних (1,2,3...) або ірраціональних ($\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{7}$...) чисел. Геометричну пропорцію графічно можна виразити через подібність прямокутних трикутників (рис.2). При цьому геометричним обґрунтуванням подібності може бути паралельність гіпотенуз $AB \parallel A'B'$ трикутників(рис.2,а), або їх перпендикулярність $AB \perp A'B'$ (рис.2,б). Тому подібність прямокутників може бути обґрунтовано паралельністю або перпендикулярністю їхніх діагоналей.

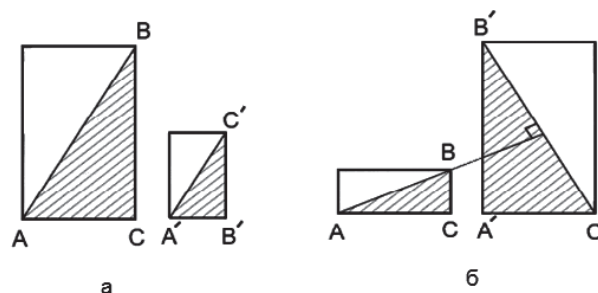


Рис.2. Геометрична подібність прямокутників за умови паралельності (а) та перпендикулярності (б) діагоналей

Однією з давно відомих і гармонійно удосконалених пропорцій поділу цілого на дві нерівні частини є так званий золотий переріз, тобто гармонійний поділ, або поділ у крайньому і середньому відношеннях. У якому за висловом генія епохи Відродження Леонардо да Вінчі, ціле так відноситься до більшої його частини, як більша частина — до меншої. Така геометрична пропорція виявляє в природі найбільш пропорційні сполучення, що викликає почуття прекрасного.

Леонардо да Вінчі багато уваги приділяв дослідженню золотого перерізу як головного естетичного принципу. Він робив перетини стереометричного тіла, утвореного правильними прямокутниками, і одержував прямокутники, співвідношення сторін яких відповідало золотому перерізу. Дослідження портрета Монни Лізи (Джоконди) дозволили встановити, що композиція малюнка заснована на золотих пропорціях у вигляді трикутників, які є частинами правильного зірчастого п'ятикутника.

В середині XIX ст. на основі досліджень вчених в різних галузях знань (астрономія, біологія, медицина, архітектура та ін.) було запропоновано всезагальний закон пропорційності, що формується наступним чином: «Для того, щоб

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

ціле, розділене на дві нерівні частини, здавалося гармонійним з точки зору форми, між меншою і більшою частинами повинно бути таке ж співвідношення, як і між більшою частиною та цілим». Цей закон проявляється у рослинному і тваринному світі в пропорціях частин перпендикулярно до напрямку росту. З розвитком технічної естетики та дизайну чинність цього закону поширилась на конструювання машин, архітектурних споруд, меблів та ін.

Розглянемо побудову золотого перерізу (золотого перерізу) на прикладах поділу у кратному і середньому відношеннях відрізка та катета трикутника (рис.3).

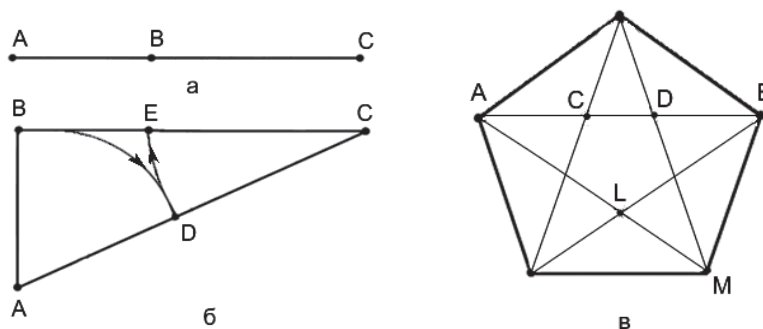


Рис. 3. Схеми побудови золотого перерізу на прикладі відрізка (а), трикутника (б) та п'ятикутника (в)

На відрізку АВ (рис.3,а) визначимо точку С, яка розділить його на дві нерівні частини у відношенні $AB/CB=CB/AC$. Позначимо це відношення через x і отримаємо:

$$(AC+CB)/CB=1+1/x=x; \quad (1)$$

Звідкіля будемо мати рівняння для визначення шуканого відношення

$$x^2 = x + 1 \quad (2)$$

Розв'язок рівняння (2) має два кореня: $(1+\sqrt{5})/2$ і $(1-\sqrt{5})/2$

Додатній корінь цього рівняння $a = (1+\sqrt{5})/2 = 1,618$ є *золотою пропорцією*, а поділ відрізка АВ у відношенні (1) — *золотий переріз*.

Золота пропорція, як корінь рівняння (2) має наступну властивість:

$$a^2 = a + 1 \quad (3)$$

Вираз (3) після перетворення має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} a &= 1+1/a \\ a-1 &= 1/a \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Із співвідношення (4) витікає, що при відніманні із числа a одиниці воно переходить в обернене йому число і цю властивість має тільки *золота пропорція*.

Розглянемо геометричну побудову *золотого перерізу* на прикладі прямокутного трикутника ABC (рис. 3, б).

Нехай $BC = 1$, $AC = S$, при цьому сторона $AC = \sqrt{1 + (1/2)^2} = \sqrt{5}/2$

Проведемо із центра А дугу до перетину із АС в точки D та дугу із центром в точки С до перетину з відрізком ВС і знайдемо шукану точку Е, що поділяє відрізок ВС в *золотій пропорції* або в *золотому перерізі*.

Використовуючи наведені вище співвідношення, можна показати, що в зірчастому п'ятикутнику (рис. 3, в): $AB/CB = CB/DB = a = 1,618$

Основними завданнями об'ємної композиції є відображення та гармонійне об'єднання структури, форми та фізичних якостей об'єкта у об'ємно-просторовому рішенні. При цьому геометрична характеристика є однією із основних естетичних та

геометричних властивостей оцінки форми. Геометричною моделлю багатьох об'єктів в галузі техніки та архітектури, що досить точно відображають форму структури та фізичну якість є правильні багатогранники типу ікосаедра та додекаедра.

Ікосаедр має 12 вершин, 30 ребер та 20 граней у формі правильних трикутників, які збігаються у вершинах і утворюють п'ятикутник(пентагон) з властивостями *золотої пропорції* (рис.4,а). Додекаедр має 20 вершин, 30 ребер та 12 граней у формі плоских п'ятикутників із *золотою пропорцією* кожен(рис.4,б).

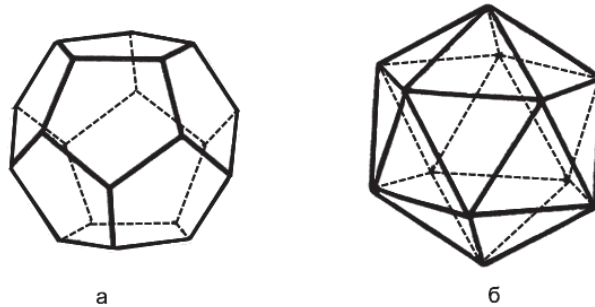


Рис. 4. Багатогранники з властивостями золотої пропорції: ікосаедр (а) та додекаедр (б)

Починаючи з теорії Кеплера, ікосаедр в поєднанні з дуальним йому додекаедром вважаються складовими гармонійного створення всесвіту. Ці подвійні за властивостями багатокутники найчастіше розглядаються як взаємопов'язані. Гіпотези і дослідження багатьох вчених в галузях математики, нанотехнології, технічної естетики, біодизайну та ін. ґрунтуються на тому, що додекаедр та ікосаедр є унікальними моделями форм природи у всіх її проявах, починаючи з космосу і закінчуючи мікросвітом.

Висновок. Аналіз систем пропорційного формотворення дозволив встановити, що система гармонійних порпорцій поділу «золота пропорція» та багатогранники ікосаедро -додекаедральної форми, які мають властивості цієї пропорції, є джерелом науково-практичних концепцій у різних галузях знань і особливо у такій галузі як технічна естетика, промисловий дизайн та ергономіка. У можливій перспективі розвитку даного наукового напрямку доцільно розглянути методи та приклади гармонійного формотворення технічних об'єктів з використанням наведеної інформації.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Водчиц С.С. Естетика пропорцій в дизайне. — М.: Техносфера, 2005. — 432 с.
- 2.Кац Е.А. Искусство и наука — о многогранниках вообще и усеченном икосаедре в частности// Энергия. 2002. — №10. — с.42-47.
- 3.Михайленко В.Э. Основы композиции: геометричні аспекти художнього формотворення: Навч. Посібник / В.Э. Михайленко, М.І. Яковлев. — К.: Каравела, 2004. — 302 с.
- 4.Сомов Ю.С. Композиция в технике. — М: Машиностроение, 1987. — 288 с.
- 5.Стахов А.П. Коды золотой пропорции. — М.: Радио и связь, 1984, — 152с.
- 6.Ткач Д.И., Нифанин А.Б. Геометрия золотого кольца // Геометричне та комп'ютерне моделювання. — Харків: ХДУХТ, 2007. — Вил.18. — с. 147-153
- 7.Шевелев Ш.И., Марутаев М.А. Золотое сечение. Три взгляда на природу гармонии. — М.: Стройздат, 1990. — 343 с.

Надійшла до редколегії 16.06.10

УДК 681.513.5:664.12

*Н.А. Заєць, канд. техн. наук,
Н.М. Луцька, канд. техн. наук
Національний університет
харчових технологій*

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НЕСТАЦІОНАРНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Досліджується неперервно діюча дифузійна станція цукрового заводу, що оснащена колонним дифузійним апаратом. Для управління температурним режимом роботи виділеного нестационарного об'єкту пропонується використати адаптивну систему автоматизованого управління що функціонує на основі алгоритмів ідентифікації. В результаті отримано структуру автоматизованої системи управління з ідентифікатором з використанням алгоритмів адаптації.

Ключові слова: *дифузійна станція, нестационарність, адаптивна система, математична модель, ідентифікація.*

Study the diffusion of continuously operating sugar mill plant, equipped with columned diffusers. To control the temperatures of selected non-stationary object is proposed to use adaptive automatic control system that operates on the basis of identification algorithms. As a result, the structure returned automated control system with identifier using approximation algorithms.

Key words: *diffusion station, transient, adaptive system, mathematical model, identification.*

Більшість технологічних процесів хімічної і харчової промисловості є багатовимірними об'єктами управління зі складними зв'язками між змінними, що характеризуються нестационарністю динамічних характеристик. Це призводить до погіршення якості управління, оскільки в типових системах вона залежить від зміни динаміки об'єкта з часом. Виникає необхідність побудови регуляторів, настройки яких змінюються (адаптуються) так, щоб при змінюваних параметрах об'єкта точність та якість системи залишались незмінними.

Неперервність оптимального управління може досягатися шляхом синтезу адаптивної системи з еталонною моделлю [1], вихід якої описує бажану ціль управління системою при заданій вхідній дії. Але недоліком такої системи є складність виведення еталонної математичної моделі, що повністю точно і адекватно відповідає об'єкту. Тому, у випадку коли невідома математична модель, застосовують адаптивну систему з ідентифікатором в якій синтез контуру адаптації здійснюється за допомогою спеціального пристрою — ідентифікатора. В процесі функціонування об'єкта можуть уточнюватись як структура математичної моделі, так і її параметри, тобто сама модель є адаптивною, а процес ідентифікації включається в контур зворотного зв'язку.

Як об'єкт дослідження розглянемо дифузійну станцію цукрового заводу оснащену колонним дифузійним апаратом, що характеризується нестационарними, несприятливими властивостями як об'єкт керування і є визначальним технологічним апаратом, від роботи якого залежить ефективність функціонування комплексу в цілому.

Неперервно діюча дифузійна станція складається з:

- колонного дифузійного апарату;
- ошпарювача бурякової стружки;
- підігрівників для дифузійного соку та живильної води.

Підтримання необхідного температурного режиму в дифузійному апараті є визначальним показником якості процесу екстракції. З точки зору автоматизації основними регульованими змінними є температура верху колони та температура в ошпарювачі, підтримання яких на заданому рівні відбувається за допомогою регулювання витрат пари на підігрівники дифузійного соку та живильної води [2].

Розробка адаптивної системи автоматизованого управління з ідентифікатором включає такі етапи:

1. Визначення структури математичної моделі об'єкта.
2. Розрахунок параметрів математичної моделі об'єкта.
3. Підбір алгоритму регулювання, що забезпечить необхідну якість роботи системи.
4. Вибір алгоритму розрахунку оптимальних настройок регулятора з урахуванням математичної моделі об'єкта.
5. Розробка структури адаптивної системи автоматизованого управління станцією дифузії та її реалізація.

Для визначення структури математичної моделі об'єкта було побудовано та проаналізовано параметричну схему основних теплових процесів в дифузійній станції (рис.1). В об'єкті виділено три ємності: ємність ошпарювача, ємність низу колони, ємність верху колони.

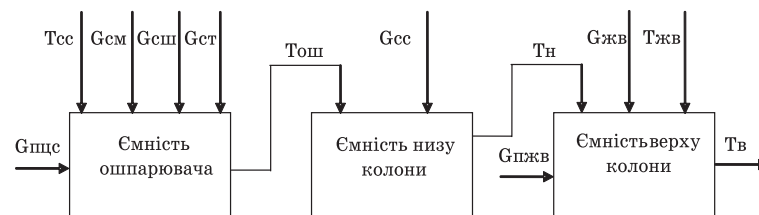


Рис. 1. Параметрична схема основних теплових процесів в дифузійній станції

$G_{шц}$ — витрата пари на підігрівник циркуляційного соку; $T_{сс}$ — температура сокостружкової суміші; $G_{см}$ — витрата соку в мішалку ошпарювача; $G_{сш}$ — витрата соку в шахту ошпарювача; $G_{ст}$ — витрата стружки; $T_{ош}$ — температура сокостружкової суміші в ошпарювачі; $G_{сс}$ — витрата сокостружкової суміші в колону; $T_{н}$ — температура сокостружкової суміші низу колони; $T_{жв}$ — температура живильної води; $G_{пжв}$ — витрата пари на підігрівник живильної води; $G_{жв}$ — витрата живильної води; $T_{в}$ — температура сокостружкової суміші верху колони

Вектор координат стану

$$x(t) = \begin{bmatrix} T_{ош} \\ T_{н} \\ T_{в} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

причому перша і третя координати є керованими змінними.

Вектор управління

$$u(t) = \begin{bmatrix} G_{шц} \\ G_{пжв} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Вектор збурень

$$z(t) = \begin{bmatrix} T_{cc} \\ G_{cm} \\ G_{cs} \\ G_{ct} \\ G_{cc} \\ T_{жв} \\ G_{жв} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

Математична модель об'єкта будується за допомогою статистичних рівнянь:

$$\begin{aligned} x_1 &= f_1(u_1, z_1, z_2, z_3, z_4), \\ x_2 &= f_2(x_1, z_5), \\ x_3 &= f_3(x_2, u_2, z_6, z_7). \end{aligned} \quad (4)$$

Де f_1, f_2, f_3 обираються з ряду елементарних функцій відповідно заданому критерію ідентифікації

$$I_{ид} = \sum_{i=0}^{t_{ид}} (x_p(t_i) - x_m(t_i))^T (x_p(t_i) - x_m(t_i)) \rightarrow \min, \quad (5)$$

де $t_{ид}$ — період ідентифікації, за який перераховуються структура та параметри математичної моделі; $x_p(t_i), x_m(t_i)$ — вектори координати стану об'єкта реальні та розраховані за моделлю в дискретні моменти часу t_i . Мінімізація даного критерію відбувається як шляхом зміни структури математичної моделі та її параметрів.

Оскільки параметри та структура математичної моделі суттєво залежать від коефіцієнтів теплопередачі, об'єму робочого середовища, теплоємностей, режиму роботи об'єкта, що змінюються в досить широкому діапазоні, то виникає задача визначення такого періоду ідентифікації, за який визначена математична модель адекватно описує об'єкт. За експериментальними даними визначено, що період перерахунку математичної моделі становить 25 хвилин.

Оцінювання параметрів моделі та об'єкта виконується на основі алгоритму ідентифікації, що визначає правила пошуку оцінок. Для того, щоб перевірити, наскільки точно побудована модель імітує чи передбачає дані спостережень, необхідно порівняти їх при однакових діях. На основі реальних даних були розраховані параметри математичної моделі для лінійної та квадратичної структур. На рисунку 2 показано відповідність виходів реального об'єкта $x_p(t)$ та лінійної $x_{мл}(t)$ і квадратичної $x_{мл}(t)$ моделі при однакових вхідних діях для температури в опшарювача Тош. Також було розраховано критерій ідентифікації для обраних моделей:

$$I_{ид,мл} = 13,38 \text{ } ^\circ\text{C}^2, \quad I_{ид,мл} = 36,11 \text{ } ^\circ\text{C}^2$$

За результатами досліджень, можна зробити висновок, що на даному проміжку ідентифікації для роботи адаптивної системи обирається лінійна математична модель. Причому при наступному періоді ідентифікації оптимальна структура математичної моделі може змінюватися.

Для підтримання заданого температурного режиму роботи об'єкту доцільним є застосування типових лінійних законів регулювання [3], зокрема пропорційно-інтегрального алгоритму. Причому в адаптивній системі автоматизованого управління блок ідентифікації розраховує оптимальні значення коефіцієнтів передачі настройок регуляторів, залишаючи постійним час інтегрування.

Алгоритм розрахунку оптимальних настройок регуляторів може обиратися з ряду пошукових методів, зокрема градієнтних, без градієнтних, методів випадково-

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

го пошуку. При цьому як критерій пошуку використовується інтегральний квадратичний критерій суми відхилень заданих та дійсних значень регульованих змінних на всьому проміжку регулювання. Оскільки параметри об'єкта змінюються, то ці задачі повинні вирішуватись під час роботи КДУ автоматично, в темпі проходження процесу дифузії. Тобто, коефіцієнти передачі настройок регуляторів повинні змінюватись в процесі роботи системи пристосовуючись за час T до змінюваних параметрів роботи об'єкта так, щоб якість роботи системи залишалась незмінною.

На основі проведених досліджень було розроблено адаптивну систему управління з ідентифікатором, структура якої зображена на рис.3. Пристрій адаптації складається з двох блоків : блоку ідентифікації математичної моделі об'єкта та блоку перерахунку оптимальних настройок регулятора k_{p1} та k_{p2} .

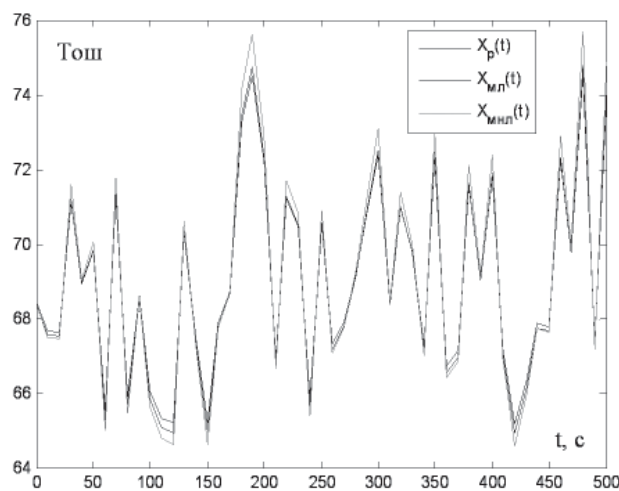


Рис.2. Температура сокостружки в ошпарювача на об'єкті та моделях

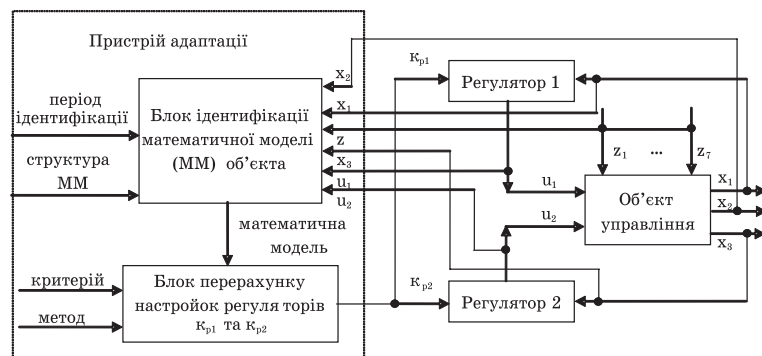


Рис. 3. Структура адаптивної системи автоматизованого управління

Вхідними даними для пристрою адаптації є значення векторів координат стану, управлень, збурень, а також даних про структуру математичної моделі та період ідентифікації, критерій та метод оптимізації настройок регулятора, що обираються оператором з набору існуючих.

Висновки. Розроблено адаптивну систему автоматизованого управління з ідентифікатором для температурного режиму неперервно діючої дифузійної стан-

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

ції цукрового заводу. Проведено дослідження виділених етапів синтезу адаптивної системи, кінцевим результатом яких є розробка структури автоматизованої системи управління з використанням алгоритмів адаптації. Розроблена система може бути реалізована на базі типової існуючої мікропроцесорної системи шляхом введення пристрою адаптації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Луцька Н.М.* Застосування адаптивних систем керування для нестационарних об'єктів технологічних комплексів неперервного типу // *Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы.* — 2005. — № 1 (15). — С. 158-162.
2. *Волошин З.С., Макаренко Л.П., Яцковский П.В.* Автоматизация сахарного производства. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271 с.
3. *Ладанюк А.П., Трезуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д.* Автоматизация технологічних процесів і виробництв харчової промисловості. — К.: Аграрна освіта, 2001. — 224 с.

Надійшла до редколегії 14.09.2010

УДК 66.081.3

*С.В. Матко, канд. техн. наук
Л.М. Мельник, д-р техн. наук
Національний університет
харчових технологій*

КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ АДСОРБЦІЇ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН ІЗ ЯБЛУЧНОГО СОКУ

Досліджено кінетику адсорбції пектинових речовини із яблучного соку палигорськітом. Обґрунтовано механізм адсорбційних процесів, що відбуваються при цьому та визначено коефіцієнт дифузії

Ключові слова: пектинові речовини, палигорськіт, яблучний сік, адсорбція.

Kinetics of adsorption pectin matters from apple juice by the paligorscit is explored. Mechanism of adsorption processes is grounded and coefficient of diffusion of pectin matters is got.

Key words: pectin matters, apple juice, paligorscit, adsorption

Процес прояснення яблучного соку здійснювали природним дисперсним мінералом українських родовищ — палигорськітом, який має низьку собівартість, легко піддається активації, модифікації, утилізації, є екологічно безпечним проявляє вибірковість адсорбції.

У попередніх дослідженнях [1] авторами доведено вибірковість адсорбції палигорськіта щодо пектинових речовин (ПР) яблучного соку, які є причиною виникнення помутнінь і погіршення фільтрування соків, перешкоджають злипанню завислих частинок і випадінню їх в осад. Адсорбуючи частину ПР, можна прискорити прояснення, покращити умови для концентрування і тривалого зберігання яблучного соку.

Масообмін в системі тверде тіло — рідина, а в нашому випадку «палигорськіт — яблучний сік», ускладнюється багатокомпонентністю соку, різними розмірами пор адсорбента і механізмом перенесення концентрацій адсорбтива і носить складний характер, тому для практичних розрахунків робимо ряд припущень: в процесі адсорбції приймає участь один компонент; рідка фаза нестислива; густина рідини постійна; рух потоку адсорбтива здійснюється в одному напрямі.

Кінетика адсорбційних процесів, що протікають при обробленні складної багатокомпонентної системи, якою є сік (в тому числі і яблучний), в літературі висвітлена мало, механізми адсорбції протеїнів, пектинових, дубильних, барвних речовин вивчені недостатньо, що значно утруднює математичне оброблення експериментальних даних, тому виникає необхідність застосування наближених методів розрахунку кінетики адсорбції.

Процес адсорбції за сучасними уявленнями [2] незалежно від умов взаємодії і стану адсорбтива (газ, пара, рідина) включає три стадії: дифузії молекул сорбованої речовини з потоку до зовнішньої поверхні зерен сорбенту — зовнішня дифузія; дифузії молекул сорбованої речовини всередину зерен поглиначи — внутрішня дифузія; утримання поглинутих молекул в полі адсорбційних сил.

Кінетику процесу адсорбції на твердих адсорбентах із урахуванням впливу зовнішньо- і внутрішньодифузійної області досліджувало багато авторів [3–5]. Деякі з них вважають, що швидкість адсорбції лімітується швидкістю дифузії речовини до місця адсорбції.

Перенесення маси цільового компонента всередині тіл складної пористої структури відбувається внаслідок різних фізичних факторів, що діють одночасно: дифузії, термодифузії, концентраційної конвекції, дії капілярних сил, защемле-

ного капілярного руху, впливу загального потоку речовини крізь проточну систему пор сорбенту [2,6]. Кожний із перелічених процесів сам по собі досить цікавий і складний. Теоретичний розрахунок процесу масопередачі з урахуванням усіх можливих типів елементарного перенесення нині неможливий, тому використовують наближені модельні уявлення [7, 8].

Одним із напрямів обґрунтування складності процесу перенесення є особливості внутрішньої молекулярної дифузії цільового компонента, тобто його дифузії всередині пор твердого сорбенту [9]. В порах досить великого перерізу, коли діаметр значно перевищує довжину вільного пробігу молекул, молекули сорбтива переміщуються внаслідок звичайної молекулярної дифузії, описаної законом Фіка. Якщо діаметр капіляра менший за довжину вільного пробігу, то переважають співудари молекул із стінками пор, а не між собою, як цього потребує модель суцільного середовища. Такий рух молекул називається ефузією (кнуденівською дифузією) і підпорядковується іншим закономірностям [2, 5]. Як правило, при однакових градієнтах концентрації (тиску) перенесення речовини під час ефузії здійснюється на порядок повільніше, ніж під час дифузії.

Інколи виникає поверхнева дифузія — перенесення речовини внаслідок міграції молекул по поверхні пор сорбенту. Поверхнева дифузія прискорює перенесення компонента всередину сорбенту і за певних умов може справляти вирішальний вплив на швидкість перенесення [2, 8].

При наявності інтенсивного перемішування суспензії, процес молекулярної дифузії протікає значно повільніше, ніж стадія підведення до поверхні частинок. В цьому випадку вважають, що пори сорбента вже заповнені рідиною-носієм [6].

Адсорбовані молекули не тільки роблять рух уздовж поверхні адсорбенту, але й коливаються, наближаючись до поверхні або віддаляючись від неї. Чим вища температура, тим інтенсивніший коливальний рух, а отже, більша ймовірність того, що в процесі таких коливань зв'язок молекули з поверхнею буде розірваний і молекула десорбується. Завдяки цьому з ростом температури зменшується час **адсорбції** й рівноважна кількість адсорбованих молекул [3, 5].

Механізм і швидкість адсорбції можуть бути різними і залежать від структури адсорбента, розмірів і конфігурації пор, властивостей адсорбата, а при досить неглибоких порах з широкими входами — від гідродинамічних умов в приграничному шарі поблизу поверхні зерен сорбента [7–9].

При визначенні швидкості адсорбції, побудові кінетичних кривих адсорбції враховували питому поверхню, пористість адсорбента, рН середовища, вплив перемішування.

Розчинені ПР, поглинуті палигорськітом, розподіляються наступним чином: частина їх заповнює об'єм пор, утворюючи розчин з концентрацією c_2 , решта — c_a — концентрується на поверхні. Виникнення градієнтів концентрацій поглинутих речовин сприяє міграції молекул як у розчині, так і на поверхні дисперсного мінералу, внаслідок чого утворюються два поля концентрацій, взаємозв'язаних між собою. При адсорбції концентраційне поле c_2 змінюється не тільки внаслідок дифузії, а й завдяки надходженню речовин до сорбуючої поверхні. При десорбції відбувається зменшення концентрації c_2 , що призводить до відтоку речовини від поверхні адсорбента у рідку фазу. Ймовірно, зміна концентрації c_2 проходить дуже швидко, а величини c_a і c_2 зв'язані рівнянням ізотерми.

Оскільки палигорськіт має пористу структуру, в якій періодично чергуються капіляри різних радіусів та форм, і площа перенесення речовини менша порівняно з суцільним тілом (відношення цих площ дорівнює пористості (m)), коефіцієнт масопровідності буде менший коефіцієнта дифузії. Рух молекул адсорбованої речовини в капілярі, діаметр якого співрозмірний з діаметром дифундуючих частинок, буде повільнішим, ніж у рідкому середовищі.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Рівняння масообміну набуває виду:

$$\frac{da}{d\tau} = \beta(c_1 - c_2), \quad (1)$$

де a — величина адсорбції; β — коефіцієнт зовнішнього масообміну, віднесений до одиниці об'єму адсорбенту; c_1, c_2 — концентрації адсорбату в об'ємній фазі на початку процесу і на момент часу τ .

По мірі заповнення адсорбційного шару коефіцієнт β зменшується (зі зменшенням рушійної сили).

У результаті контакту соку з частинками палигорськіту встановлюється рівновага. В цих умовах при заданій температурі кількість адсорбованих речовин залежить від концентрації розчину в порах і ця залежність набуває вигляду ізотерми Ленгмюра:

$$c_a = c_\infty \frac{c_2}{c_1 + c_2}, \quad (2)$$

де c_a — концентрація адсорбованої речовини в одиниці об'єму пор; $c_a = \frac{\rho \cdot a}{m}$; ρ — густина частинок палигорськіта; m — пористість гранул адсорбента.

Встановлено, що при $c_2 \rightarrow \infty$, $c_a = c_\infty$, а c_1 відповідає концентрації розчину, при якій досягається $c_a = \frac{1}{2} c_\infty$. Якщо $c_\infty = 0$, адсорбційні властивості відсутні, якщо $c_1 \rightarrow 0$, то насичення поверхні досягається при досить малих значеннях концентрації c_2 , при решті випадків — $c_a = c_\infty$.

Для визначення швидкості адсорбції і побудові адсорбційних кривих було проведено експериментальну частину досліджень, яка полягала в наступному: попередньо термоактивований палигорськіт фракції 3,0...2,0 мм, концентрації 2,5...5,0 % мас. змішували у із свіжовідтиснутим і відфільтрованим від механічних домішок яблучним соком. Отримані суміші контактним способом витримували при температурах 60, 70, 80 °С протягом 10...30 хв при постійному перемішуванні. За рахунок турбулізації досягали рівномірного розподілення природного адсорбента в об'ємі соку, чим знижували швидкість зовнішньої дифузії. Таким чином, лімітуючою стадією була внутрішня дифузія пектинових речовин у пори мінерала.

В одержаному фільтраті визначали вміст ПР. Як контроль (К) використовували необроблений палигорськітом яблучний сік.

Результати досліджень поглинання ПР палигорськітом при різних температурах та концентраціях адсорбента дали можливість побудувати кінетичні криві адсорбції (рис. 1 а, б, в), початкові ділянки яких спочатку зростають, а потім виходять на полиці. Отриманий вид кривих свідчить, що палигорськіт має мікро- і мезопори.

Аналізуючи рис. 1 (а), бачимо, що оброблення соку палигорськітом при температурі 60 °С зменшує вміст ПР у дослідних зразках приблизно вдвічі протягом перших 10 хв. Найбільшої величини адсорбції (5,8...6,8) г/г досягаємо при концентрації адсорбента 5,0 % мас. та тривалості оброблення 15...20 хв.

При температурі оброблення соку 70 °С палигорськітом (рис. 1 (б)) за перші 10...15 хв. ефективніше вилучаються ПР у тих зразках, де концентрація адсорбента становить 5,0; 3,3 % мас. При цьому адсорбція ПР становить 75...80 % від рівноважної (5,8 та 3,9 г/г, відповідно).

Менш ефективним щодо вилучення ПР виявилася концентрація адсорбента 2,5 % мас.

Результати досліджень адсорбційної спроможності палигорськіта щодо ПР яблучного соку при температурі оброблення 80 °С зображені на рис. 1 (в). Характер кривих, які відповідають різним концентраціям адсорбента, відрізняється один від одного. Так, при концентрації адсорбента 5,0 і 3,3 % мас. спостерігається суттєве зменшення вмісту ПР через 10...15 хв. оброблення соку; величина адсорбції становить 9,9 г/г та

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

8,9 г/г, відповідно. Менш ефективною виявилася оброблення яблучного соку адсорбентом концентрацією 2,5 % мас. За цих умов адсорбція ПР — 7,2 г/г. При подальшому обробленні кількість ПР в усіх дослідних зразках не змінювалася. Отже, збільшення тривалості оброблення є недоцільним з технологічних і економічних міркувань.

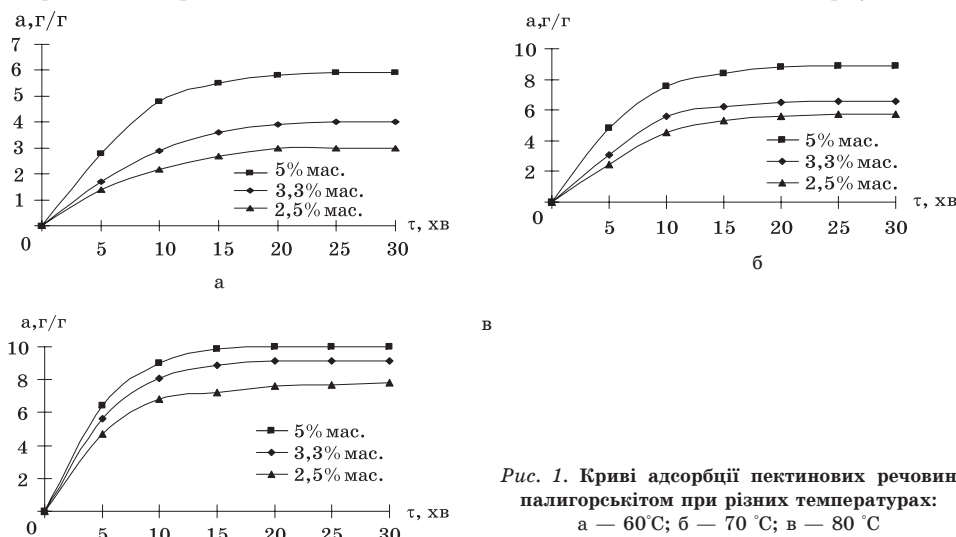


Рис. 1. Криві адсорбції пектинових речовин палигорськітом при різних температурах: а — 60 °С; б — 70 °С; в — 80 °С

Аналіз рис. 1 (а, б, в) дозволяє зробити наступні висновки: найнижчий вміст ПР мають зразки соку, оброблені палигорськітом концентрації 3,3 % мас. та 5,0 % мас. при температурі 70 °С. Оптимальна тривалість адсорбційного очищення становить 20 ± 5 хв.

Після оброблення експериментальних даних отримали рівняння регресії залежності величини адсорбції ПР палигорськітом від концентрації адсорбента (c , % мас.), тривалості (τ , хв.) та температури (t , °С) процесу:

$$f_a(c, \tau, t) = 0,138 - 2,49 \cdot 10^{-3} \cdot \tau - 3,30 \cdot 10^{-5} \cdot c - 5,15 \cdot 10^{-3} \cdot t + 3,81 \cdot 10^{-4} \cdot \tau \cdot t + 3,44 \cdot 10^{-4} \cdot c \cdot t - 4,10 \cdot 10^{-4} \cdot \tau^2 - 1,91 \cdot 10^{-4} \cdot c^2 \quad (3)$$

Швидкість адсорбції (за Ленгмюром) визначається вільною частиною поверхні адсорбента ($1 - S_0$):

$$\begin{aligned} da / d\tau &= K_1 C_v (1 - S_0); \\ da / d\tau &= K_2 (a_\infty - a_\tau) \end{aligned} \quad (4)$$

де $da / d\tau$ — кількість адсорбованої речовини за одиницю часу; c_v — концентрація адсорбату в об'ємній фазі; K_1 — константа швидкості адсорбції, яка залежить від величини питомої поверхні і коефіцієнта дифузії; K_2 — константа швидкості десорбції; a_∞ — рівноважна адсорбція; a_τ — адсорбція на момент часу τ .

Очевидно, що чим ближче система наближається до рівноважного стану, тим менша різниця $a_\infty - a_\tau$, тим повільніше відбувається процес адсорбції, тобто кінетичні криві спочатку зростають вгору, а потім вирівнюються до горизонталі.

Математичні моделі перенесення речовини, в тому числі і ПР мають вигляд:

$$\begin{cases} m \frac{\partial c_2}{\partial \tau} = -\partial \text{iv} j_c + W_{ca} \\ m \frac{\partial c_a}{\partial \tau} = -\partial \text{iv} j_a + W_{ac}, \end{cases} \quad (5)$$

де j_c, j_a — питомі потоки речовин у рідкій фазі та адсорбенті; W_{ca}, W_{ac} — питомі потужності надходжень і відтоків речовини, пов'язані з міжфазовими перенесеннями.

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

Очевидно, що $W_{ca} = -W_{ac}$, тоді, склавши обидва рівняння системи (5), отримуємо:

$$m \frac{\partial(c_2 + c_a)}{\partial \tau} = -\text{div}(j_c + j_a) \quad (6)$$

Динаміка сорбційних процесів вивчає просторово-часовий розподіл компонентів між фазами системи (одна з яких тверда), що виникає при переміщенні цих фаз одна відносно іншої. Внаслідок перемішування твердої фази усі частинки адсорбента омиваються соком в однаковій мірі і активна зона буде розтягуватися по всій висоті адсорбера.

Розглянемо апарат з мішалкою, в якій занурено W об'ємних одиниць соку і певну кількість адсорбенту. Нехай загальний об'єм соку, що міститься в порах всіх гранул палигорськіту, рівний величині V . Після пуску мішалки усі тверді пористі частинки перейдуть у завислий стан і кожна з них буде оточена рідиною. У процесі поглинання речовини з рідкої фази порами твердих частинок середня концентрація пектинових речовин в рідині, що раніше дорівнювала c_0 , зменшиться до величини c_1 . Концентрація адсорбованої речовини в порах палигорськіту збільшиться з величини c_n до c_2 . Для довільного моменту часу можемо скласти рівняння балансу:

$$W \cdot (c_0 - c_1) = V \cdot (c_2 - c_n) . \quad (7)$$

Таким чином, концентрація адсорбату (ПР) в порах адсорбента на певний момент часу залежить від його концентрації в рідкому середовищі.

У початковий період концентрація на поверхні гранули c_2 менша за концентрацію у зовнішньому середовищі c_1 ; різниця цих концентрацій є рушійною силою процесу перенесення речовини з рідини в середину твердого тіла. Для молекулярної і конвективної дифузії маса переданої речовини за одиницю часу ($\frac{dG}{d\tau}$) пропорційна пористості адсорбента m , площі гранули F і рушійній силі ($c_1 - c_2$).

$$\frac{dG}{d\tau} = kmF(c_1 - c_2) , \quad (8)$$

де k — коефіцієнт пропорційності.

Так як макропори відіграють переважно роль “транспортних артерій”, то така ж маса речовин доставляється за одиницю часу з поверхні пористого тіла у сприймаючу фазу:

$$\frac{dG}{d\tau} = D F \frac{\partial c_2}{\partial n} \quad (9)$$

Прирівнюючи праві частини рівнянь (8,9), отримуємо:

$$D \frac{\partial c_2}{\partial n} = km(c_1 - c_2) \quad (10)$$

Якщо r — еквівалентний розмір пористої частинки, тоді рівняння (10) набуває вигляду

$$\frac{\partial c_2}{\partial \phi} = Bi(c_1 - c_2) , \quad (11)$$

де $\phi = \frac{n}{r}$; $Bi = m \frac{kr}{D}$ (критерій Біо), n — напрям нормалі; D — коефіцієнт дифузії, m^2/c .

Рівняння (7, 8, 9) утворюють замкнену систему, вирішення якої у граничних умовах ($\tau=0$) дає змогу визначити концентрації адсорбтиву в рідині і в порах адсорбента:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dc_1}{d\tau} = c_0 - V \frac{dc_2}{d\tau} = c_0 \cdot (1 - V \cdot Bi) \\ \frac{dc_2}{d\tau} = \frac{k \cdot m \cdot F \cdot c_0}{V}, \\ \tau = 0. \end{array} \right. \quad (12)$$

Коефіцієнт дифузії ПР розраховуємо з рівняння:

$$D = K \cdot r^2 / \pi^2 \cdot \tau_{0,5}, \quad (13)$$

де r — радіус гранули ($r = 1,225 \cdot 10^{-3}$ м); K — коефіцієнт, що залежить від форми гранул ($K=0,318$ [7]); $\tau_{0,5}$ — час напівоброблення адсорбційної системи, тобто проміжок часу від початку досліду до моменту, коли кількість адсорбованої речовини досягає 50 % від рівноважної величини адсорбції (визначаємо з рис. 1 а, б, в).

Наприклад, при температурі 70°C, тривалості взаємодії 20 хв., концентрації 3,3 % мас. досягаємо рівноважної величини адсорбції в 6,4 г/г. Час напівоброблення (при $a=3,2$ г/г) становить 6,5 хв. За формулою (13) знаходимо коефіцієнт дифузії ПР у порах адсорбенту:

$$D = 0,318 \cdot (1,225 \cdot 10^{-3})^2 / 3,14^2 \cdot 390 = 0,124 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Висновки. 1. Досліджено процес масообміну при адсорбції пектинових речовин із яблучного соку палигорськітом.

2. Встановлено кінетичні закономірності адсорбції ПР із яблучного соку.

3. Представлено математичні моделі визначення швидкості адсорбції пектинових речовин та розрахунку концентрації пектинових речовин у яблучному соку та у порах адсорбента при обробленні соку палигорськітом.

4. Наведено рівняння для обчислення коефіцієнта дифузії пектинових речовин палигорськітом.

5. Вивчено вплив різних факторів (концентрації адсорбента, тривалості взаємодії, температури оброблення) на ступінь прояснення яблучного соку палигорськітом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дослідження адсорбції пектинових речовин яблучного соку природними мінералами / С. В. Матко, В. В. Манк, Л. М. Мельник [та ін.] // Наукові праці НУХТ. — 2007. — № 20. — С. 61–63.

2. Аксельруд Г.А. Массообмен в системе твердое тело — жидкость / Аксельруд Г.А.:— Львов, 1970. — 187 с.

3. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел. / Ч. Джайлс, Б. Инграм, Дж. Ключи, Я.Ликлема; под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. — М.: Мир, 1986. — 488 с.

4. Бучинский А. К. Основы технологии та техніки адсорбційних процесів [навч. псіб.] / Бучинский А. К.:— Донецьк.: УДХТУ, 2004. — 155 с.

5. Венецианов Е. В. Динамика сорбции из жидких сред / Е. В. Венецианов, Р. Н. Рубинштейн. — М.: Наука, 1983. — 237 с.

6. Лукин В. Д. Адсорбционные процессы в химической промышленности / Лукин В. Д. — Л.: Химия, 1973. — 63 с.

7. Тарасевич Ю. И. Адсорбция на глинистых минералах / Ю. И. Тарасевич, Ф. Д. Овчаренко. — К.: Наукова думка, 1975. — 351 с

8. Шервуд Т. Массопередача / Шервуд Т., Пигфорд Р, Уилки Ч.: перевод с англ. Н. Н. Кулова; под ред. В. В. Малюсова. — М.: Химия, 1982. — 695 с

Розділ 2. Процеси та апарати ... виробничих процесів

9. Кейс В. М. Конвективный тепло- и массообмен / Кейс В. М. [пер. с англ. И. Н.Дулькина]. — М.: Энергия, 1972. — 446 с.

Надійшла до редколегії 20.09.10

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія збірника «*Наукові праці НУХТ*» 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 та економічних 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.

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 раніше не публіковані статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів. Всі статті підлягають обов'язковому рецензуванню членами редколегії — 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 **вчитаних** роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт **Arial** кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на дискеті діаметром 3,5", місткістю 1,44 МВ. На дискеті не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті на дискеті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК, нижче справа в стовпчик: ініціали і прізвища авторів напівжирним шрифтом, їх наукові ступені звичайним шрифтом українською та англійською мовами, назва установи, де було виконано роботу, електронна адреса курсивом; наступний рядок по центру — назва статті великими напівжирними літерами українською та англійською мовами, під назвою з абзацу — анотації українською та англійською мовами з ключовими словами (5–6 слів / ключових словосполучень, які є основою для включення статті в певні розділи реферативних журналів), набрана світлим курсивом. **Розмір анотації від 1/2 до 2/3 сторінки. Анотації мають містити коротку інформацію щодо об'єкту та методик досліджень з наведенням основних результатів роботи та рекомендаціями щодо сфери їх застосування.**

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Таблиці (у Word або Excel) можна давати як у тексті, так і в окремих файлах (на окремих сторінках). Кожна таблиця повинна мати тематичний заголовок, набраний напівжирним шрифтом, і порядковий номер (без знака №), якщо таблиць кілька. Якщо таблиця одна, то дається тільки заголовок (без слова «Таблиця»). Слово «Таблиця» і номер — курсивним шрифтом, заголовок — напівжирним. Таблиці мають бути відкритими — без бокових, нижньої і горизонтальних лінійок у полі таблиці. Розграфлюється лише шапка таблиці світлими лініями.

Ілюстрації мають бути виконані ретельно, на білому папері й розміщені в тексті, та в окремих файлах (*формати BMP, TIF, JPG, CDR, WMF, EMF*) *не менше 300 DPI*.

Фотографії друкуються лише у разі крайньої потреби, вони мають бути чіткими, контрастними, виконаними на білому фотопапері, розмірами 6×9 см.

Підписи до рисунків набираються на окремій сторінці або безпосередньо під рисунками прямим шрифтом.

Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях і на рисунках не допускаються.

Формули вставляються прямо в текст за допомогою редактора формул. Нумерація формул — арабськими цифрами у круглих дужках біля правого поля сторінки.

Використовувані в статті фізичні, хімічні, технічні та математичні терміни, одиниці фізичних величин та умовні позначення мають бути загальноприйнятими. Скорочення позначень одиниць фізичних величин мають відповідати Міжнародній системі одиниць (SI).

У кінці тексту статті окремим абзацом наводяться висновки (слово «**Висновки**» — напівжирним шрифтом).

Після тексту статті з нового рядка по центру пишеться слово «**ЛІТЕРАТУРА**» і 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 постановки на роботи останніх років.

Стаття закінчується написом «*Одержана редколегією (дата)*» (набраним світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

Прізвища іноземних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

До статей додаються: *виписка з протоколу засідання кафедри (підрозділу) з рекомендацією роботи до друку; відомості про авторів (прізвище, повне ім'я та по батькові, науковий ступінь, місце роботи, номери контактних телефонів, адреса).*

У разі одержання статті, оформленої з порушенням запропонованих «ВИМОГ», редакція статтю реєструє, але не рецензує і не повертає її авторам. За необхідності доопрацювання статті відповідно до зауважень рецензента авторам направляється екземпляр рукопису, який разом із рецензією, відповіддю рецензентові, двома екземплярами виправленої статті та дискетою з виправленим текстом слід повернути до редакції протягом 1 місяця. В протилежному випадку публікація статті переноситься на наступний номер. У разі негативної рецензії, яка виключає можливість доопрацювання статті і відхилення рукопису статтю разом з рецензією повертають авторам.

Детальнішу інформацію можна одержати в редколегії журналу, контактний телефон 287-94-95, відповідальний секретар Пушанко Наталія Миколаївна.

Запрошуємо до співпраці!

Редколегія

Наукове видання

НАУКОВІ ПРАЦІ
НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

№ 37

Видання подано в авторській редакції

Комп'ютерна верстка М.О. Каленкової

Підп. до друку 05.07.11 р. Формат 70×100/16
Обл.-вид. арк. 16,78. Ум. друк. арк. 13,22.
Гарнітура SchoolBookСТТ. Друк офсетний.
Наклад 300 прим. Вид. № 19-1/11. Зам. № 13/1-11.

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
www.book.nuft.edu.ua
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого
засобу масової інформації № 7252, серія КВ,
видане 29 квітня 2003 р.