

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ

НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ

Заснований у 1965 р.

№ 10

Київ НУХТ 2011

УДК 664(04)(082)

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

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Редакційна колегія:

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

Видання подається в авторській редакції

Схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 10 від 25.03.10 р.

Адреса редакції: 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Тел.: (044) 289-19-04, 287-96-95

ЗМІСТ

Технологія

Гусятинська Н.А., Тетеріна С.М., Романченко Н.М. Аналіз мікробіологічних процесів під час перероблення тростинного цукру-сирцю	6
Тележенко Л.М., Шалигін О.В., Тищенко В.М., Атанасова В.В. Оцінка ефективності механічного диспергування біологічних об'єктів на основі бобових культур	11
Прибильський В.Л., Бойко М.І. Дослідження та удосконалення технології зернових екстрактів з тритикале	17
Колеснікова М.Б., Перцевой М.Ф., Гурський П.В. Дослідження впливу рецептурних компонентів на структурно-механічні властивості продукту структурованого	21
Українець А.І., Крапивницька І.О., Харітон Т.Я., Харітон Н.Г. Особливості структури пектину, виділеного з білокачаної капусти	26
Стойко В.І., Жданова Н.М., Айзенберг В.Л., Капічон Г.П. Коновалова В.В. Використання ультрафільтрації для концентрування та очистки інулінази <i>Penicillium</i> sp. 225	30
Білько М.В., Тенетка А.І. Удосконалення технології білих столових вин з використанням антиоксидантів	34
Скарбовійчук О.М., Чернюшок О.А., Кочубей-Литвиненко О.В., Федоров В.Г. Зв'язок технологічних і теплофізичних характеристик молочних продуктів	40
Кошова В.М., Черняк І.О. Енергетичні напої з новими смаковими добавками	44
Згурський А.В., Поліщук Г.Є., Крапивницька І.О. Перерозподіл пектинових речовин в овочевій сировині при виробництві морозива	48

Кишенько І.І. Наукове обґрунтування вибору структуроутворювачів для модельних м'ясних систем	54
Пешук Л.В., Журавель О., Москалюк О.Є. Перспективи використання грибної сировини в м'ясній галузі	57
Осейко М.І., Шеманська Є.І., Скачко О.Л., Лазаренко Т.А. Окиснювальна стабільність лляної олії та фосфоліпідного жирового продукту підвищеної біологічної цінності	63
Купчик Л.А., Степанець Л.Ф., Ничик О.В., Хижняк О.О., Мартиненко Т.А. Рослинні відходи харчової промисловості — цінна сировина для створення нових ентеросорбентів, харчових та кормових добавок	69
Гулак О.В., Поліщук Г.Є., Антонюк М.М. Дослідження мікробіологічних показників рослинних екстрактів як рецептурних інгредієнтів у виробництві морозива	73
Ільєва О.С., Сторожук В.М., Мельник І.В. Дослідження впливу попередньої обробки на водоутримуючу здатність рослинної сировини	79
Сімахіна Г.О., Корихалова О.М., Островська А.О. Обґрунтування вибору сортів плодів та ягід для заморожування	85
Сімахіна Г.О., Корихалова О.М., Соколовська І.О., Островська А.О. Подрібнення та механоактивування сублімованих рослинних матеріалів	89
Осьмак Т.Г., Скорченко Т.А., Касьянова Н.О. Оптимізація рецептурного складу морозива «Сирок»	94
Борисенко А.В., Лич І.В., Антонюк М.М., Айзенберг В.Л. Визначення оптимальних умов культивування <i>Rhizopus</i> sp 2000 ФМ — продуцента позаклітинної ліпази	100
Пешук Л.В., Радзієвська І.Г., Штик І.І. Біологічна роль жирних кислот тваринного походження	106
Гапонюк І.І. Зменшення енерговитрат вітчизняних зерносушарок	110
Скорченко Т.А., Шпачук Л.В., Богданов Є.С. Дослідження розмірів кристалів лактози згущеного термічно обробленого молока з глюкозно-фруктозними сиропами	115
Софілканич А.П., Квятківська І.В., Пирог Т.П. Синтез поверхнево- активних речовин <i>Rhodococcus Erythropolis</i> EK-1 за присутності важких металів	119
Білець І.В., Конон А.Д., Пирог Т.П. Вплив молярного співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші на синтез поверхнево-активних речовин <i>Acinetobacter Calcoaceticus</i> K-4	125

Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Технологія отримання функціональних рослинних порошків	131
Карпов О.В., Пенчук Ю.М., Скроцька О.І., Чернега О.В. Параметри культивування клітин-продуцентів для одержання інтерферонів і типу	137
Юкало В.Г., Сторож Л.А. Протеоліз різних фракцій казеїну ферментними системами лактококів	142
Процеси та обладнання	
Кулінченко В.Р., Деменюк О.М., Ломейко О.П. Розрахунок гідроструминних насосів для гідротранспортування 2. Характеристики струминних насосів для гідротранспортування	147
Нарожний С.О., Сорокін А.І., Хоменко М.Д. Принципова схема підключення ежектора при водоповітряному пульсаційному відмиванню цукрових буряків	153
Гуць В.С., Литвиненко А.М., Євтушенко О.В. Оцінка стану охорони праці на робочому місці	156
Мирончук В.Г., Пономаренко В.В. Про вплив парового потоку на масопередачу CO ₂ в розпилюючому абсорбері двосекційного сатуратора	163
Євтушенко О.В. Аналіз статистики виробничого травматизму в харчовій промисловості України	167
Лобок О.П., Гончаренко Б.М. Оптимальне дискретне керування лінійними багатовимірними системами	173
Романова З.М., Зубченко В.С., Стасюк В.В. Інтенсифікація процесу зброджування сусла магнітними полями	181
Гуць В.С., Володченкова Н.В., Фесянов П.О. Безпека експлуатації посудин, що працюють під тиском	185
Зубченко В.С., Ткаченко Л.В., Процан Н.В. Стабілізація спиртоутворюючої здатності дріжджів при зброджуванні сусла підвищеної концентрації	192
Кошова В.М., Салтанюк В.М. Підготовка води для парових котлів у пивоварній промисловості	196
Шейко Т.В., Мельник Л.М., Марценюк О.С. Дослідження кінетики адсорбції пектинових речовин шунгітом із соку столового буряка	201
Ткачук Н.А., Мельник Л.М. Порівняння адсорбційних властивостей глауконіту та активного вугілля при очищенні сортів	206

Н.А. Гусятинська, докт. техн. наук,

С.М. Тетеріна, канд. техн. наук,

Н.М. Романченко

Національний університет харчових технологій

АНАЛІЗ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТРОСТИННОГО ЦУКРУ-СИРЦЮ

Досліджено вплив мікробіологічних процесів на якість цукру-сирцю при зберіганні. Проведено дослідження мікробіологічної забрудненості продуктів виробництва цукру при переробленні тростинного цукру-сирцю.

Ключові слова: цукор-сирець, мікроорганізми, декстран, мікробіологічні процеси, міцеліальні гриби, слизоутворювальні бактерії.

Исследовано влияние микробиологических процессов на качество сахара-сырца при хранении. Проведено исследования микробиологической инфицированности продуктов производства сахара из тростникового сахара-сырца.

Ключевые слова: сахар-сырец, микроорганизмы, декстран, микробиологические процессы, мицелиальные грибы, слизиобразующие бактерии.

Influence of microbiological processes on quality of reed sugar is investigated at storage. It is carried out researches microbiological contamination products of manufacture of sugar from reed sugar.

Keywords: reed sugar, microorganisms, microbiological processes, mould mushrooms, slimeforming bacteria.

Основною сировиною для виробництва цукру в Україні є цукрові буряки. Тростинний цукор-сирець переробляється, головним чином, на цукрових заводах у міжсезонний період. Ефективність переробки цукру-сирцю в значній мірі залежить від його якості [1, 2]. Наразі у світовій практиці використовують більше 30 показників якості цукру-сирцю, проте при закупівлі цукру-сирцю вказують декілька показників, зазвичай, вміст цукрози за прямою поляризацією та забарвленість. До показників, що визначають ефективність перероблення та якість білого цукру належать також і показники мікробіологічної забрудненості цукру-сирцю (в т. ч. загальний вміст мікроорганізмів, вміст слизеутворюючих мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності, зокрема, декстрану) [2–4]. Вміст декстрану характеризує фільтраційну здатність розчинів цукру-сирцю. Крім того, підвищений вміст полісахаридів декстрану чи левану, не тільки ускладнює переробку сирцю, але й призводить до додаткових втрат сахарози, зниження потужності заводу, збільшення поточних витрат, погіршення товарної якості готової продукції [3]. Присутність декстрану в цукрі-сирці пов'язана з особливостями зберігання сировини — цукрової тростини. При переробленні бактеріально ураженої тростини декстран переходить в сік і в подальшому погіршує якість отриманого цукру-сирцю, його гранулометричний склад, що призводить до підвищення його гігроскопічності і ризику псування при зберіганні [1]. Мікробіологічна забрудненість тростинного цукру-сирцю залежить в значній мірі від його якості, вологості, умов зберігання та транспортування. Фізичні або хімічні умови, які регулюють кількість води у плівці, що оточує кристали цукру-сирцю, впливають на ступінь розкладання сахарози мікроорганізмами [4]. Найнебезпечнішим, з точки зору зниження якості цукру-сирцю під час зберігання,

ТЕХНОЛОГІЯ

є розвиток міцеліальних грибів, оскільки їх спори добре переносяться потоками повітря, стійкі до зовнішніх впливів і можуть тривалий час зберігати свою життєздатність за несприятливих умов [5]. Внаслідок життєдіяльності міцеліальних грибів відбувається інверсійне розкладання сахарози в плівці, що спричинює підвищення вмісту редуковальних речовин і вологості, що призводить до подальшого розкладання сахарози мікроорганізмами [4].

Необхідно зазначити, що порівняно з виробництвом цукру з буряків, при переробленні тростинного цукру-сирцю змінюється технологічна схема, що призводить до можливості розвитку мікробіологічних процесів на різних стадіях виробництва. Зокрема, особливістю виробництва цукру з тростинного цукру-сирцю є відсутність тривалої дії високих температур. Крім того, промивні води, що повертаються після знецукрення дефекосатураційного осаду на стадію клерування цукру-сирцю, спричинюють додаткове надходження мікроорганізмів у технологічний потік. Такі особливості технології потребують особливої уваги з точки зору запобігання розвитку мікробіологічних процесів як у процесі зберігання, так і під час перероблення тростинного цукру-сирцю [6, 7] для одержання цукру високої якості відповідно до фізико-хімічних та мікробіологічних показників ДСТУ.

Метою даних досліджень є аналіз перебігу мікробіологічних процесів та їх вплив на якість цукру-сирцю та продуктів виробництва. Для досліджень використовували тростинний цукор-сирець різних термінів зберігання у складах цукрового заводу. В табл. 1 представлені мікробіологічні показники проб тростинного цукру-сирцю, відібраних на цукрових заводах Росії у виробничий сезон 2009 р. після короткотривалого зберігання (до 1 місяця) у літній період. Аналіз мікрофлори проводили за методом розведень та висіву на поживні середовища (МПА, МПА + сахароза, середовище Чапека, глюкозно-картопляний агар, сусло-агар) у чашки Петрі. Культивування мікроорганізмів проводили за оптимальних температур відповідно для росту грибів та дріжджів — 25—27 °С, мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних бактерій — 37 °С, термофільних бактерій — 55 °С. Після підрахунку колоній, що виросли на чашках Петрі, обраховували середній вміст: бактерій, в тому числі слизоутворювальних; грибів та дріжджів в 10 г цукру-сирцю.

Таблиця 1. Мікробіологічні показники тростинного цукру-сирцю після зберігання протягом 1 місяця

Проба	Вміст мікроорганізмів, КУО в 10 г				
	МАФАМ	Бактерії	в т.ч. слизоутворювальні бактерії	Гриби	Дріжджі
1	7850	950	100	5700	1100
2	7800	1900	500	5100	300
3	10300	2700	420	6500	680
Середнє	8650	1850	340	5766,7	693,3

В середньому загальний вміст мікроорганізмів у тростинному цукрі-сирцю становить 7800...10300 КУО в 10 г. Кількість міцеліальних грибів у пробах змінювалася в незначних межах і складала 5100...6500 КУО в 10 г. В той час, як вміст бактерій і дріжджів в пробах відрізнявся у декілька разів. Так, кількість бактерій у пробах складала 950...2700, а дріжджів — 300...1100 КУО в 10 г.

Технологічні показники відповідних проб цукру-сирцю, наведені у табл. 2, свідчать, що в середньому чистота тростинного цукру сирцю змінювалась в межах 96,4—97,1 % (розрахована за показниками прямої та інверсійної поляризації), забарвленість — 800—950 од. опт. густ., вміст редуковальних речовин — 0,20—0,28 %.

Необхідно зазначити, що показник коефіцієнту безпеки не завжди ефективно характеризує здатність тростинного цукру-сирцю до зберігання, особливо у випадку його високої

ТЕХНОЛОГІЯ

якості або ж навпаки — наявності мікробіологічного ураження. Крім того, він враховує тільки вологість цукру та загальний вміст нецукрів. В той же час, гігроскопічність плівки на поверхні кристалів залежить від якісного складу нецукрів, зокрема найбільш гігроскопічними є редуковальні речовини, високомолекулярні сполуки, а також хлориди кальцію та магнію [1].

Таблиця 2. Технологічні показники тростинного цукру-сирцю після зберігання протягом 1 місяця

ПОКАЗНИКИ	Проби тростинного цукру-сирцю			
	А	Б	В	Середнє
Пряма поляризація, %	99,0	98,5	98,3	98,6
Вологість, %	0,3	0,5	0,38	0,39
Коефіцієнт безпеки	0,3	0,33	0,22	0,28
pH	6,72	6,55	6,38	6,55
РР, %	0,23	0,21	0,28	0,24
Зола, %	0,12	0,15	0,18	0,15
α — аміний азот, %	0,015	0,025	0,025	0,022
Нітроти, мг/л	3,1	2,7	2,9	2,9
Забарвленість, ум.од.	875	820	905	867
Карамелі, % на 100 СР	5,3	5,1	5,9	5,43
Продукти лужного розкладання, % на 100 СР	6,2	6,0	6,6	6,27
Меланоїдини, % на 100 СР	3,1	3,9	5,5	4,17

Одним з показників, які свідчать про інтенсивний перебіг мікробіологічних процесів при зберіганні цукру-сирцю, є локальне підвищення температури по висоті або ж у всьому об'ємі бунта. Таке явище зумовлене самозігріванням цукру і може спостерігатися за будь-яких умов зовнішнього середовища як за теплої, так і холодної пори року. При самозігріванні цукру-сирцю відбувається утворення твердих пластів, зумовлене підвищенням вологості та температури, а також дією тиску верхніх шарів на нижні.

В таблиці 3 наведені результати досліджень мікрофлори тростинного цукру-сирцю після зберігання протягом 10 місяців у складських умовах цукрового заводу.

Таблиця 3. Мікробіологічні показники тростинного цукру-сирцю після зберігання протягом 10 місяців

Відбір проби	Вміст мікроорганізмів, КУО в 10 г				
	МАФАМ	Бактерії	в т.ч. слизоутворювальні бактерії	Гриби	Дріжджі
З верхньої частини (А)	40170	1620	230	20500	1170
Середина (на висоті 2—3 м від підлоги) (Б)	25840	21900	270	3600	70
Твердий пласт з нижньої частини (0,8 м від підлоги) (В)	13010	10100	2660	250	100
Замоклий пласт (Г)	104250	58000	29000	16000	1250

ТЕХНОЛОГІЯ

Необхідно зазначити, що кількість мікроорганізмів у цукрі-сирцю змінюється в значних межах, залежно від висоти відбору проби. Так, загальний вміст мікроорганізмів у цукрі-сирці з верхньої частини бунта, висотою 5—6 м, становить в середньому 39000—42000 КУО в 10 г, при цьому біля 50 % мікрофлори складають міцеліальні гриби.

Найвищі показники вмісту мікроорганізмів спостерігались у нижній частині бунтів, що пояснюється кращими умовами розвитку мікроорганізмів внаслідок більшого ступеню його зволоження. Так, загальний вміст мікроорганізмів у замкломому пласті з нижньої частини складав більше 100 тис. КУО в 10 г цукру-сирцю. При цьому спостерігався розвиток всіх груп мікроорганізмів.

Серед видового складу міцеліальних грибів тростинного цукру-сирцю виявлені біля 20 представників родів *Verticillium*, *Rhizopus*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*.

Розвиток мікроорганізмів при зберіганні цукру-сирцю протягом тривалого часу призводить до значних змін технологічних показників його якості. Тому були проведені дослідження технологічних показників відповідних проб цукру-сирцю, результати яких наведено в табл. 4.

Таблиця 4. Технологічні показники тростинного цукру-сирцю сирцю після зберігання протягом 10 місяців

ПОКАЗНИКИ	Проби тростинного цукру-сирцю			
	А	Б	В	Г
Пряма поляризація, %	97,6	98,1	95,6	89,6
Вологість, %	0,3	0,5	0,38	0,39
Коефіцієнт безпеки	0,3	0,33	0,22	0,28
pH	6,67	6,47	6,23	5,85
PP, %	0,7	0,78	0,97	1,28
Зола, %	0,17	0,22	0,25	0,3
α — аміний азот, %	0,015	0,025	0,025	0,025
Нітри, мг/л	5,8	4,3	3,44	9,6
Забарвленість, ум.од.	1020	950	1360	1430
Карамелі, % на 100 СР	7,6	7,7	7,8	9,6
Продукти лужного розкладання, % на 100 СР	9,0	9,1	9,4	12,0
Меланоїдини, % на 100 СР	6,0	8,2	10,4	28,4

А, Б, В, Г — згідно наведеному у табл.3.

Проведені дослідження підтвердили, що внаслідок перебігу мікробіологічних процесів під час зберігання погіршуються технологічні показники тростинного цукру-сирцю, що узгоджується з висновками інших досліджень [1, 4]. Так, вміст сахарози зменшується на 2,5...2,8 %, в той же час збільшується вміст продуктів розкладання, зокрема: редукувальних речовин у 3...5 разів, органічних кислот в 1,2...1,6 разів. Забарвленість тростинного цукру-сирцю при перебігу мікробіологічних процесів може зрости у 1,5...2 рази, при цьому показник pH_{20} зменшується з 6,8... 6,7 до 5,8...6,5 од. Також спостерігається підвищений вміст меланоїдинів у цукрі (В) з твердого пласту, утвореного в нижній частині (0,8 м від підлоги) бунта, а також у цукрі із замклого пласту (Г), що може бути пов'язано з явищем самозігрівання цукру.

Проведені дослідження показали, що при тривалому зберіганні цукру-сирцю в умовах складування внаслідок перебігу мікробіологічних процесів відбувається погіршення його технологічної якості.

Отже, в процесі виробництва цукру з тростинного цукру-сирцю необхідно приділяти увагу мікробіологічній забрудненості сировини й рідких напівпродуктів виробництва, оскільки мікроорганізми можуть надходити у виробництво також з водою та повітрям.

В сезон переробки 2010 р. нами були проведені дослідження мікробіологічної забрудненості продуктів перероблення тростинного цукру-сирцю. Проби вихідної клеровки

ТЕХНОЛОГІЯ

відбирали з клерувальної мішалки; очищеної клеровки — після фільтрування; промивної води зі збірника після фільтрпресів. Необхідно зазначити, що при очищенні клеровки дефекосатурацією вміст мікроорганізмів зменшується у декілька разів. Це зумовлено температурою процесу гарячого вапнування, високою лужністю, а також адсорбційною здатністю карбонату кальцію, на поверхні якого вилучаються спори мікроорганізмів.

Таблиця 5. Мікробіологічні показники напівпродуктів

Відбір проби	Вміст мікроорганізмів, КУО в 10 г				
	МАФАМ	Бактерії	в т.ч. слизоутворювальні бактерії	Гриби	Дріжджі
Клеровка тростинного цукру-сирцю	12600	3900	560	8700	630
Клеровка, очищена дефекосатурацією	3975	1650	350	2325	170
Промивна вода	109925	105900	4625	4020	375

Наведені в табл. 5. результати досліджень свідчать про достатньо високий рівень забрудненості мікроорганізмами промивної води, а також недостатньої стерилізації клеровки на стадії дефекосатураційного очищення. Особливу небезпеку становлять слизоутворювальні бактерії та спори мікроміцетів, що пов'язано з високим ступенем стійкості даних мікроорганізмів.

Висновки: Згідно представлених вище даних, вміст мікроорганізмів у цукрі-сирцю варіює у широких межах і становить в середньому 7000...10000 КУО в 10 г. При тривалому зберіганні та недотриманні вимог вміст мікроорганізмів значно підвищується, що призводить до негативних змін технологічної якості цукру-сирцю та в подальшому значних труднощів при його переробленні. Особливої уваги потребує запобігання розвитку мікробіологічних процесів як у очисному, так і в продуктовому відділеннях з метою одержання цукру відповідно до вимог ДСТУ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бугаенко И.Ф., Чернышева Н.А. Технология производства сахара из сырца. — М.: Союзроссахар, 2002. — 296 с.
2. Мищук Р.Ц., Матюшко С.П., Прищепя В.И. К вопросу оценки качества сахара-сырца // Сахарная промышленность. — 1997. — №6. — С. 24—26
3. Бугаенко И.Ф. Потери сахара при переработке тростникового сахара-сырца // Сахар. — 2004. — №3. — С. 38—41
4. Голыбин В.А., Черняева В.А., Исаевская А.К. Микробиологическая загрязненность сахара-сырца. // Сахар. — 2001. — №3. — С. 18—20.
5. Пирог Т.П., Решетняк Л.Р., Поводзинский В.М., Грегирчак Н.М. Микробиология харчових виробництв / За ред. Т.П. Пирог. навчальний посібник. — Вінниця: Нова книга, 2007. — 464с.
6. Эргашева Е.Н., Шабурова Л.Н., Сапронова Л.А. Повышение микробиологической чистоты кристаллического сахара // Сахар 2008. — №8. — С. 61—63.
7. Горчинский Ю.Н., Потапов О.А., Никоненко Ф.П. Технология получения особо чистого стерилизованного сахара из сахара-сырца. // Сахар. — 2001. — №5. — С. 25—28.

Одержано редколлегією 10.02.2010 р.

УДК 664.849.011:653.6:544.77.022

Л.М.Тележенко, д-р техн. наук, проф.,

О.В. Шалигін, асис.,

В.М. Тіщенко, канд. техн. наук, доц.,

В. В. Атанасова, асп.

Одеська національна академія харчових технологій

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОГО ДИСПЕРГУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ БОБОВИХ КУЛЬТУР

Стаття присвячена визначенню оптимальних режимів термообробки сочевиці та наступного механічного диспергування для виготовлення з неї пюреподібних страв високої якості.

Ключові слова: сочевиця, диспергування, оптимізація, математична модель, розмір частинок, харчова система, математичне рівняння.

Статья посвящена определению оптимальных режимов термической обработки чечевицы и последующего механического диспергирования для приготовления из нее пюреобразных блюд высокого качества.

Ключевые слова: чечевица, диспергирование, оптимизация, математическая модель, размер частиц, пищевая система, математическое уравнение.

The article is sanctified to determination of the optimal modes of heat treatment of lentil and next mechanical dispergating for making from it puree of high quality.

Keywords: lentil, dispergating, optimization, mathematical model, size of particles, food system, mathematical equalization.

Значення харчування у житті людини важко переоцінити. Правильно підібрані й підготовлені продукти не лише надають насолоду, але й є необхідними для природного функціонування організму людини.

Очевидно, що роль їжі не зводиться до регулярного забезпечення організму макрокомпонентами, вітамінами та мінеральними речовинами. Наука про харчування охоплює проблеми споживання, усмоктування, метаболізму харчових компонентів, а також підтримки здоров'я організму й запобігання захворювань, пов'язаних із раціоном харчування [1].

Засвоєнню їжі у організмі людини значною мірою сприяють її високі органолептичні властивості [2]. Гомогенні водні системи у першу чергу характеризує однорідність структури та відсутність поверхні розподілу, як показника ступеню молекулярної взаємодії між поверхнею речовин та водою. Для інгредієнтів, поверхня яких відносно незначна, цей вплив виявляється слабо. Із зростанням величини поверхні, що відбувається у наслідок підвищення ступеня дисперсності, вплив поверхневих властивостей стає значним [3]. Так, такий органолептичний показник як смак суттєво залежить від розміру частинок харчових дисперсних систем, таких як: пюре, супи-пюре і пастоподібні маси. Вибір способу одержання системи з відповідними дисперсними характеристиками не завжди економічно доцільна операція. Тому процеси обробки сировини повинні бути розроблені на основі оптимізації параметрів технологічного процесу.

© Л.М. Тележенко, О.В. Шалигін, В.М. Тіщенко, В.В. Атанасова 2010

ТЕХНОЛОГІЯ

Подрібнення компонентів продукту після їх гідротермічної обробки здійснюється шляхом протирання, а диспергування компонентів із високим вмістом сухих речовин перед їх змішуванням із розчинником — шляхом помелу.

Мета роботи — одержання математичної моделі процесу диспергування термічно оброблених зерен сочевиці при подрібненні у відцентровій дробарці.

Завдання:

- спланувати експеримент та підготувати об'єкт дослідження,
- здійснити механічне диспергування,
- визначити розміри частинок,
- здійснити математичну обробку одержаних результатів,
- побудувати математичну модель і оцінити її адекватність,
- систематизувати інформацію, необхідну для оптимізації процесу.

Для оцінки коефіцієнтів рівнянь, які апроксимують графічні залежності скористалися методом найменших квадратів для лінійної і параболічної регресії [4]. Адекватність рівнянь перевіряли на підставі значення коефіцієнта достовірності апроксимації, який можна розрахувати за формулою [5]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i)^2)}, \quad (1)$$

де y_i — експериментально визначена величина, Y_i — величина, розрахована на підставі емпіричного рівняння.

Для одержання повнофакторної математичної моделі було застосовано матрицю ортогонального центрального композитного плану другого порядку ОЦКПДП [6]. Адекватність запропонованої моделі оцінювали на підставі значення відносної похибки і математичного очікування похибок для відповідного значення дискретної випадкової характеристики.

ОЦКПДП для варіанту з двома факторами передбачає визначення залежної характеристики на трьох рівнях. Останній факт пов'язаний з тим, що зіркове плече для двохфакторної матриці планування дорівнює одиниці. Ми розглянули в якості незалежних факторів час попередньої термічної обробки і час диспергування у відцентровому полі дробарки.

В якості підготовки об'єкта передбачався його нагрів в діапазоні температур від 60 до 120°C протягом 30, 60, 90 хв., що відповідає нижньому рівню (ліве зіркове плече), центру та верхньому рівню (праве зіркове плече).

Диспергування здійснювали у робочій камері дробарки (коефіцієнт заповнення 0,65, частота обертання ротору синхронного електродвигуна і валу 3000 об/хв) протягом 1, 2 і 3 хвилин. Зрозуміло, що подібний час відповідає рівням варіювання фактору.

Для визначення розмірів частинок використовували метод седиментаційного аналізу [7]. Для цього отримували суспензію подрібненого об'єкту і вносили у воду при температурі 25 °C і слідували за зміною маси осаду у часі. Масу визначали з використанням торсійних ваг (ВТ — 500) до сталого значення.

Обговорення експериментальних результатів

На підставі одержаних експериментальних даних було побудовано седиментаційні криві в координатах $m - t$ (m — маса осаду у мг, t — час у с). На рис. 1 наведено седиментаційні криві для термічно обробленого об'єкту протягом 30 хв.

Видно, що при диспергуванні протягом 1 і 2 хв маса перестала змінюватися, вже після 600 с (криві 1, 2), але на кривій 2 спостерігається декілька ділянок різкої зміни швидкості накопичення осаду. Останній факт можна пояснити більш чітким фракціюванням системи у порівнянні з кривою 1. У випадку диспергування протягом 3-х хв. (крива 3) весь осад осів тільки після 1300...1400 с, що свідчить про наявність дрібної фракції у кількості більшій за випадки 1 і 2. Можна прийти до висновку що при попередній термічній обробці протягом 30 хв зростання часу диспергування призводить до збільшення кількості більш дрібної фракції. На

рис. 1 наведені точки — експериментальні результати і лінії результат апроксимації графіку функцією

$$m = \frac{be^{k\tau} - b}{k}, \quad (2)$$

де b, k — емпірично встановлені коефіцієнти.

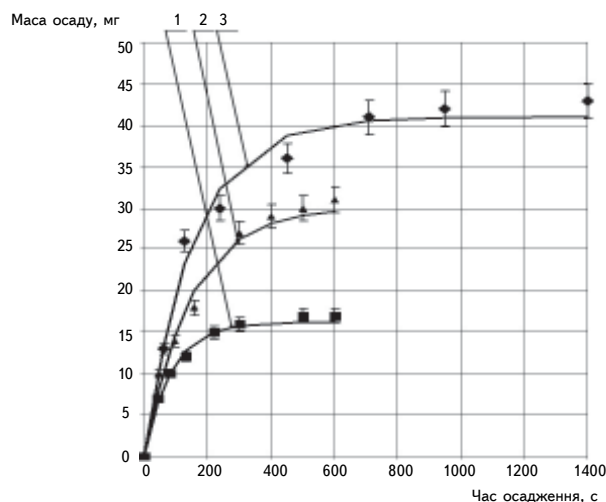


Рис. 1. Графіки залежності маси осаду від часу для зразків термічно оброблених протягом 30 хв.:

1 — час диспергування 1 хв, 2 — час диспергування 2 хв,
3 — час диспергування 1 хв.

В табл. 1 наведені значення коефіцієнтів для емпіричного рівняння (2)

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів емпіричного рівняння

Час термо- обробки, хв	Час диспергування, хв					
	1		2		3	
	$b, \text{мг/с}$	$k, \text{с}^{-1}$	$b, \text{мг/с}$	$k, \text{с}^{-1}$	$b, \text{мг/с}$	$k, \text{с}^{-1}$
30	0,1904	— 0,0117	0,2073	— 0,0069	0,2666	— 0,0065
60	0,1296	— 0,0072	0,1661	— 0,0042	0,1025	— 0,0047
90	0,3721	— 0,0107	0,1533	— 0,0074	0,1908	— 0,0127

На підставі результатів розрахунку розмірів частинок дисперсної фази було побудовано диференційні криві розподілу (рис. 2).

З рис. 2 видно, що збільшення часу диспергування об'єктів попередньо термічно оброблених протягом 30 хв призводить до зменшення найбільш ймовірного радіуса частинок.

Для кривої 3 (1 хв диспергування) найбільш ймовірним є радіус 50...65 мкм, а для кривої 2 (2 хв диспергування) — 45...50 мкм, в той час як для кривої 1 (3 хв диспергування) цей показник менший за 45 мкм, але тут з'являється деяка мультимодальність: крива 1 має два чіткі максимуми. Останній факт можна спробувати пояснити з позиції нерівномірності міцності різних частинок і коли деякі продовжують руйнуватися, інші не руйнуються.

В табл. 2 наведені значення радіусів частинок розрахованих на підставі формули математичного очікування для випадкової характеристики дискретного характеру.

ТЕХНОЛОГІЯ

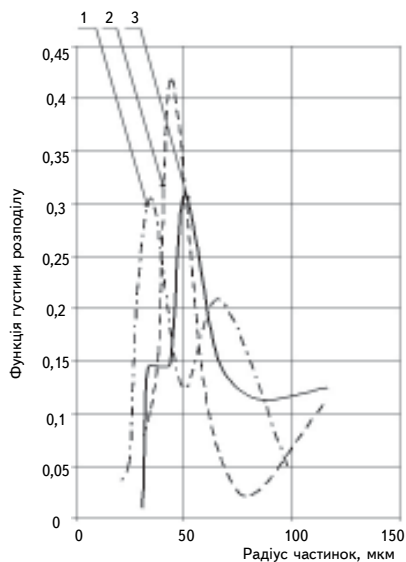


Рис. 2. Диференційні криві розподілу радіусу частинок:

1 — час диспергування 3 хв, 2 — час диспергування 2 хв, 3 — час диспергування 1 хв

Таблиця 2. Радіуси частинок при різному часі термічної обробки і різному часі диспергування

Час термообробки, хв	Час диспергування, хв		
	1	2	3
	г, мкм	г, мкм	г, мкм
30	61	51	44,3
60	47,9	46,2	39,2
90	63	61,8	52,5

Видно, що зростання часу диспергування призводить до зменшення радіусів частинок для всіх трьох варіантів термічної обробки. Також видно, що при збільшенні часу попередньої обробки з 30 до 60 хв радіуси зменшуються, а при більшому часі обробки — навпаки. Останній факт можна пояснити з позиції утворення міцних асоціатів внаслідок агрегації. Здійснивши математичну обробку одержаних результатів побудували двофакторну математичну модель, яка описує процес диспергування об'єкту. Одержане рівняння можна представити у такому вигляді:

$$r = 51,88 + 3,5\left(\frac{t_{\text{Обр}} - 60}{30}\right) - 4,03(t_{\text{Дис}} - 2) + 4,48\left(\frac{t_{\text{Обр}} - 60}{30}\right)(t_{\text{Дис}} - 2) + 11,1\left(\left(\frac{t_{\text{Обр}} - 60}{30}\right)^2 - 0,667\right) + 2,89((t_{\text{Дис}} - 2)^2 - 0,667), \quad (3)$$

де $t_{\text{Обр}}$ — час термічної обробки об'єкту (хв), $t_{\text{Дис}}$ — час диспергування (хв). Інтервали варіювання факторів такі: $30 \leq t_{\text{Обр}} \leq 90$, $1 \leq t_{\text{Дис}} \leq 3$.

На рис. 3 наведена крива побудована на підставі закону нормального розподілу ймовірності відносних похибок для радіусів, розрахованих на підставі рівняння (3) та радіусів, визначених безпосередньо при седиментаційному аналізі [6]. Ймовірність розраховано, як

частку відносної похибки в характеристичній точці плану від суми всіх похибок в даній серії випробувань. Зрозуміло, що кожній з характеристичних точок (радіусів) відповідає конкретне значення ймовірності похибки і розрахунок математичного очікування при дискретному аналізі дає можливість побудувати графік функції густини розподілу ймовірності похибки по радіусах.

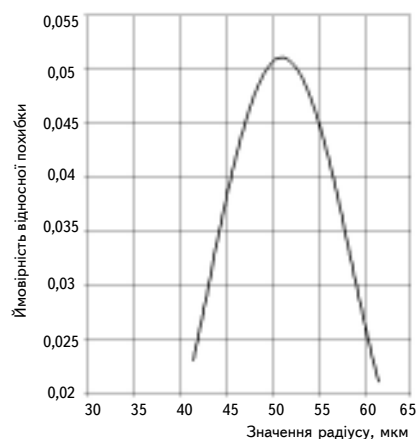


Рис. 3. Розподіл відносної похибки на підставі порівняння експериментально визначеної величини радіусів і радіусів, розрахованих за рівнянням (3) в характеристичних точках плану

Видно, що найбільше значення ймовірності відносної похибки близьке до 52 мкм. При співвідношенні факторів, яке відповідає значенню параметра 52 мкм наша модель (3) найменш адекватна.

Внаслідок аналізу відносної похибки, як дискретної випадкової характеристики (розподіл ймовірності похибки по значеннях похибки), ми прийшли до висновку, що математичне очікування похибки становить 0,04 (4 %). Останній факт дозволяє робити висновки щодо адекватності запропонованої математичної моделі.

Для вказаних факторів побудовано поверхню яку можна описати функцією відгуку (рівняння 3) (рис. 4), яка дає можливість визначати оптимальне рішення запропонованого рівняння.

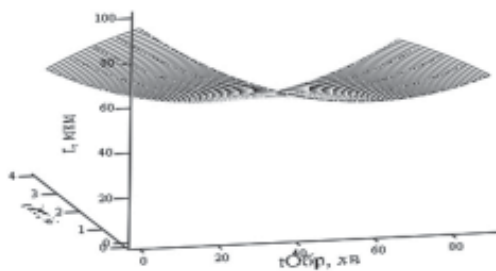


Рис. 4. Поверхня функції відклику (3)

Для побудови поверхні скористалися математичним редактором Mathcad. В рамках вказаного пакету використовували регресуючі та інтерполюючі функції regress і interp. Ступінь апроксимуючого поліному дорівнювала 2 [8].

З рис. 4 видно, що найменше значення радіусу відповідає точці з координатами (38, 3). Зрозуміло, що це співвідношення факторів і є оптимальним.

У випадку коли технологічні параметри виробництва продукту не дозволяють задаватися вказаними факторами, але є можливість варіювати одним, то можна користуючись одним зі способів оптимізації розрахувати оптимальне значення іншого.

ТЕХНОЛОГІЯ

Висновки. Одержане рівняння, яке описує залежність маси осаду від часу дозволяє вдосконалити аналіз визначення дисперсності частинок харчових систем і абстрагуватися від обробки результатів з використанням багатої кількості часу. Крім того виключається випадкова помилка, яка носить суб'єктивний характер. Запропонована математична модель дозволяє робити прогнози і оцінювати розміри частинок дисперсної фази харчових систем, що містять бобові культури. Побудована поверхня дозволяє оптимізувати співвідношення факторів при заданому значенні одного з них. Максимізація чи мінімізація параметру дозволяє знижувати часові витрати при виробництві і розв'язувати одну з важливих задач технологічного менеджменту — керування технологіями.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Zittlau J.* Der Lebensmittel Doctor. — Munchen, 2005. — 240 s.
2. *Пища и пищевые добавки* / Под ред. Ренели Д., Доннелли Д., Рид Н. — М.: Мир, 2004. — 312 с.
3. *Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И.* Химия пищи. — Колос, 2007. — 853 с.
4. *Зажигаев Л.С.* Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента/ Л.С. Зажигаев, А.А. Кишьян, Ю.И. Романиков. — М.: Атомиздат, 1978. — 232 с.
5. *Фёрстер Э.* Методы корреляционного и регрессионного анализа/ Э. Фёрст, Б. Рёнци, пер. с нем. В.М. Ивановой. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 301 с.
6. *Ахназарова С.Л.* Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: Учеб. Пособие для хим.-технол. Спец. Вузов/ С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. — 2-е изд., перераб и доп. — М.: Высш. Шк., 1985. — 327 с.
7. *Фролов Ю.Г.* Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии/ Ю.Г. Фролов, А.С. Гродский, В.В. Назаров. — М.: Химия, 1986. — 216 с.
8. *Очков В.Ф.* Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 368 с.

Одержана редколегією 20.03.2010 р.

УДК 664. 87 (075)

В. Л. Прибильський, д-р техн. наук, проф.

М.І. Бойко, асп.

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗЕРНОВИХ ЕКСТРАКТІВ З ТРИТИКАЛЕ

Визначено уточнені дані складу зернового екстракту з тритикале (вуглеводний і хімічний склад). Досліджено технологічні режими процесу в області заданих параметрів (оптимальний ступінь подрібнення зерна, гідромодуль, дозу ферментного препарату, вплив режимів затирання на показники сусла і швидкість оцукрювання).

Ключові слова: зерновий екстракт з тритикале, несолоджені зернопродукти.

Определены уточненные данные состава зернового экстракта из тритикале (углеводный и химический состав). Исследованы технологические режимы процесса в области заданных параметров (оптимальная степень измельчения зерна, гидромодуль, дозу ферментного препарата, влияние режимов затирания на показатели сусла и скорость осахаривания).

Ключевые слова: зерновой экстракт из тритикале, несоложенные зернопродукты.

Specified information of composition of corn extract is certain from tritikale (carbohydrate and chemical composition). The technological modes of process are probed in area of the preset parameters (optimum degree of grinding down of corn, hydromodul, dose of enzymic preparation, influencing of the modes of rubbing out on the indexes of susla and speed of osakharivaniya).

Keywords: corn extract from tritikale, nesolodjeni zernoprodukty.

В умовах ринкової економіки господарський механізм має бути спрямований на посилення режиму економії, оптимізацію витрат усіх видів ресурсів, впровадження у виробництво нетрадиційної сировини, пошук нових технічних рішень та виробництво конкурентоспроможної продукції.

За визначенням пиво є напоєм із ячмінного солоду та хмелю, які і визначають його специфічні властивості. Вітчизняні підприємства — виробники солоду не задовольняють потреб пивоварних заводів. Тому, значна його частина імпортується. З цієї причини та з метою зниження собівартості пива застосовують несолоджені зернопродукти (ячмінь, знежирена кукурудза, м'яка пшениця, рисова крупка), а також цукристі речовини — сахароза, мальтозні сиропи [1, 2].

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є організація виробництва зернових екстрактів. Їх технологія передбачає отримання концентрованих розчинів складових зерна, екстрагованих за допомогою ферментних препаратів (ФП). Технологія зернових екстрактів передбачає використання головним чином амілолітичних ферментних препаратів. Готовий екстракт містить продукти гідролізу крохмалю, а також білки у вигляді амінокислот, вітаміни, органічні кислоти.

Серед переваг застосування зернових екстрактів є те, що очікувана їх собівартість нижча ніж у її аналога — мальтозної патоки за рахунок виключення технологічної стадії виділення крохмалю з відповідної крохмалевмісної сировини. Виробництво зернових екстрактів можна налагодити як на спиртових заводах, що переробляють зернову сировину, так і на пивоварних заводах.

Перспективною культурою для виробництва зернових екстрактів з подальшим їх використанням як заміника солоду є тритикале. Як відомо, тритикале є гібридом пшениці і жита. За

ТЕХНОЛОГІЯ

харчовою цінністю й урожайністю він їх перевершує. Тритикале невибагливий та стійкий до несприятливих ґрунтово-кліматичних умов та хвороб, дає високі врожаї впродовж багатьох років після будь-якої культури без застосування добрив. Дуже важливо, що активність амілолітичних, цитолітичних і протеолітичних ферментів вища, ніж у пшениці, жита і ячменю. Якщо порівнювати тритикале і ячмінь, що є основною несолодженою сировиною в пивоварінні, то тритикале перевершує його за загальною кількістю екстракту та білковою розчинністю. Тритикале містить значну кількість незамінних амінокислот. Засвоюваність білка тритикале вища, ніж пшениці або жита. Цим і пояснюється його висока харчова цінність. З мінеральних речовин тритикале містить фосфор, калій, магній, кальцій, марганець, залізо, мідь, цинк, мідь, бор, кобальт, фтор та ін. Порівняльна характеристика ячменю і тритикале (табл. 1) свідчить про можливість використання тритикале як сировини для виробництва пивоварного солоду [1].

Таблиця 1. Порівняльна характеристика ячменю і тритикале

Показник	Тритикале	Ячмінь
Потенційна продуктивність, ц/га	50—80	40—60
Абсолютна маса 1000 зерен, г	50—60	35—40
Вміст білка, %	12—16	11—11,5
Вміст крохмалю, %	56—64	58—68
Амілолітична здатність, од/г СР	4—6	—
Екстрактивність, %	76—81	78,5—80
Здатність до проростання, %	90—97	92—95
Сахароза, %	2,5—3,0	1,7—2,0
Некрохмальні полісахариди, %	2—5	3,5—7,2
Геміцелюлоза (пектинові), %	7—11	10—13
Ліпіди, %	3—5	1,9—2,6
Зольні речовини, %	2,0—3,0	2,1—3,0

Метою роботи є отримання зернового екстракту з тритикале зі складом, наближеним до пивного сусла, що забезпечить його використання у виробництві пива.

Для досягнення поставленої мети визначали оптимальний ступінь подрібнення зерна, гідромодуль, дозу ферментного препарату, вплив режимів затирання на показники сусла і швидкість оцукрювання. В готовому суслі визначали якісні показники: масову частку екстрактивних речовин, повноту оцукрення, вміст мальтози, колірність, загальну кислотність, рН, вміст азотистих речовин. При проведенні досліджень використовували загальноприйняті в пиво-безалкогольній промисловості методи [3]. Вуглеводний склад сусла визначали методом тонкошарової хроматографії [4].

Сусло з тритикале готували наступним чином: зважували 500 г подрібненого зерна тритикале з проходом крізь сито діаметром 1 мм 95...100 %. Подрібнене зерно змішували з холодною водою в кількості 2,5 л (гідромодуль 1:5), вносили розрахункову кількість ферментного препарату Termamil SC і підігрівали до температури 90...93°C. Після перевірки за йодною пробю якості гідролізу отриману масу фільтрували. Перші порції повертали до досягнення прозорого фільтрату. Після закінчення фільтрування дробину промивали гарячою водою до вмісту сухих речовин у промивних водах 1...2 % і визначали вміст сухих речовин в отриманому суслі.

Як контроль використовували сусло з ячмінного солоду, приготовлене за загальноприйнятим режимом [3, 5].

В табл. 2 наведена порівняльна характеристика сусла з ячмінного солоду та зерна тритикале.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика суслу з ячмінного солоду та зерна тритикале

Показник	Сусло з ячмінного солоду	Сусло з зерна тритикале
Масова частка екстрактивних речовин, %	11,0	11,0
Колірність, смі р-ну йоду конц. 0,1 моль/дмі на 100 смі суслу	0,9	0,4
Кислотність, смі р-ну гідроксиду натрію конц. 1 моль/дмі на 100 смі суслу	1,7	1,3
pH	5,0	5,4
Вміст азотистих речовин, мг в 100 смі суслу	11,2	16,1
Вміст мальтози, мг в 100 смі суслу	6,2	5,0
Повнота оцукрення	Повне оцукрення крохмалю	

Наведені дані свідчать, що при однаковій частці екстрактивних речовин за іншими показниками сусло з тритикале мало певні відмінності від солодового суслу, зокрема колірність та кислотність менше відповідно на 55,5 та 23,5 %; pH більше на 0,4 од.; вміст азотистих речовин більше на 43,7 % мальтози менше на 19,3 %.

Для дослідження процесу затирання при використанні зерна тритикале визначати вуглеводний склад суслу при застосуванні різних ферментних препаратів та різній тривалості гідролізу.

В таблиці 3 наведено вуглеводний склад суслу з ячмінного солоду та тритикале із застосуванням ферментних препаратів, що містять різні гідролітичні ферменти.

Таблиця 3. Вуглеводний склад суслу з ячмінного солоду та зерна тритикале

№ зразка*	CP, %	Вміст редуруючих речовин, %		Вміст цукрів									
				Фруктоза		Глюкоза		Сахароза		Мальтоза		Рафіноза	
		%	% від CP	%	% від CP	%	% від CP	%	% від CP	%	% від CP	%	% від CP
1	16,5	9,8	59,6	1,4	8,3	3,1	18,8	2,3	14,1	3,9	23,6	0,2	1,2
2	13,9	7,1	51,4	—	—	—	—	1,6	11,5	6,1	43,7	2,5	18,0
3	14,9	8,1	54,2	0,5	3,1	2,1	14,1	2,0	13,4	4,3	28,9	1,9	12,8
4	14,0	7,6	54,4	0,4	2,9	2,4	17,0	2,4	17,1	3,7	26,4	1,7	12,1
5	15,0	8,3	55,5	0,5	3,3	3,1	20,7	2,7	18,0	3,5	23,2	1,8	12,0

Примітка: 1 — сусло з ячмінного солоду (контроль); 2 — сусло з тритикале, виготовлене із застосуванням цитолітичних та амілолітичних розріджуючих ФП; 3 — сусло з тритикале, виготовлене із застосуванням цитолітичних, амілолітичних розріджуючих та оцукрюючих ФП при тривалості оцукрювання 15 хв; 4 — сусло з тритикале виготовлене з застосуванням цитолітичних, амілолітичних розріджуючих та оцукрюючих ФП при тривалості оцукрювання 1 год; 5 — сусло з тритикале виготовлене з застосуванням цитолітичних, амілолітичних розріджуючих та оцукрюючих ФП при тривалості оцукрювання 2 год.

Висновки. Отримані результати свідчать, що за вуглеводним складом найбільш близьким до солодового суслу можна вважати зразок № 2. Даний зразок виготовлено без застосування оцукрюючих ферментних препаратів. Це доводить, що використання розріджуючих ферментних препаратів при температурі 90...93 °C дозволяє отримати сусло, що за вуглеводним складом наближене до пивного суслу.

Отже, для отримання суслу, що за своїм складом наближене до пивного рекомендується застосовувати подрібнене зерно тритикале, а для гідролізу крохмалю та не крохмальних

ТЕХНОЛОГІЯ

полісахаридів — ферментні препарати, що містять цитолітичні та розріджуючі амілолітичні ферменти.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Р. Главарданов*. Сиропы для пивоварения // “Пиво и напитки” № 4. — 2003.
2. *В. А. Домарецький*. Технологія солоду та пива. — К.: Фірма «ІНКОС», 2004. — 426 с.
3. *А.Е.Мелетьев, С.Р.Тодосійчук, В.М.Кошова*. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв. — Вінниця: Нова книга, 2007. — 392 с.
4. *Хроматография на бумаге*. Под ред. И. Хайса и К. Мацека. — М.: — 1962. — 800 с.
5. *Вольфганг Кунце*. Технология солода и пива. — Санкт-Петербург, 2001. — 838 с.

Одержано редколегією 20.04.2010 р.

УДК 664.64.016.3

М. Б. КОЛЕСНИКОВА, канд. техн. наук, доц.**М. Ф. ПЕРЦЕВОЙ**, асп.*Харківський державний університет харчування та торгівлі***П. В. ГУРСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.*Харківський державний технічний університет сільського господарства
ім. П. Василенка*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОДУКТУ СТРУКТУРОВАНОГО

Досліджено вплив компонентного складу на структурно-механічні властивості продукту структурованого на основі сиру кисломолочного. Установлена залежність умовних модулів пружності та високоеластичного від виду та вмісту рецептурних компонентів.

Ключові слова: Структурно-механічні властивості, продукт структурований, абсолютна деформація, період релаксації

Исследовано влияние компонентного состава на структурно-механические свойства продукта структурированного на основе сыра кисломолочного. Установлена зависимость условных модулей упругости и высокоэластичного от вида и содержания рецептурных компонентов.

Ключевые слова: Структурно-механические свойства, продукт структурированный, абсолютная деформация, период релаксации

Influence of componential structure structurally-mechanical properties of a product structured on the basis of lactic acid curd is investigated. Dependence of conditional coefficient of elasticity and high-elasticity coefficient from a kind on a kind and the maintenance components incompounding is established.

Keywords: structurally-mechanical properties, product structured, absolute deformation, the relaxation period.

Структурно-механічні властивості реальних тіл, дисперсних і високомолекулярних систем безпосередньо зв'язані з молекулярними взаємодіями в цих тілах, особливостями будови і теплового руху їх структурних елементів — міцел, субміцел і макромолекул, з взаємодією цих елементів один з одним і з молекулами дисперсійного середовища. Таким чином, структурно—механічні властивості характеризують виникнення в системі структур різного виду. З одного боку, пружко—пластично—в'язкісні властивості та властивості міцності систем визначають характер деформаційних процесів і процесів руйнування в цих системах [1].

Розробка нової технології продукту структурованого з використанням сировини рослинного походження потребує глибоких досліджень структурно—механічних властивостей сировини, напівфабрикатів і готових продуктів необхідних для правильного ведення технологічних процесів, їх механізації та автоматизації. Від цих властивостей в більшій мірі залежить проходження різноманітних процесів: теплових, механічних дифузійних, які обумовлюють смакові якості та засвоюваність готового продукту [2; 3].

© М.Б. Колеснікова, М.Ф. Перцевой, П.В. Гурський, 2010

ТЕХНОЛОГІЯ

Дослідження впливу рецептурних компонентів на структурно-механічні властивості продукту структурованого разом з іншими науковими дослідженнями дозволяють визначитись із рецептурним складом.

Завданням експерименту було:

- дослідження структурно-механічних властивостей продукту структурованого з різним вмістом желатину, жирової компоненти та концентрату ядра соняшника для встановлення їх раціональних концентрацій у рецептурі;
- визначення умовно-миттєвого модуля пружності та вискоеластичного модуля продукту структурованого по діапазону концентрацій основних компонентів;
- встановлення кінетики відносної еластичності, пластичності та пружності готового продукту;

Структурно-механічні властивості (відносні: пружність, пластичність, еластичність) визначали за допомогою ваг Каргіна [4; 5]. шляхом вивчення деформації стискування продукту структурованого, розташованого між столиком та пуансоном. Метод вимірювання заснований на визначенні деформації, віднесеної до товщини зразка при постійному напруженні. Зазвичай мірою процесу є не деформація, а піддатливість, тобто деформація, віднесена до постійно діючої напруги. Піддатливість в умовах лінійного поведіння є константою і не залежить від напруги. Експериментальні дані виражали у вигляді кривих повзучості (рис. 1, 2, 3) будуючи залежність відносної деформації стискування (під дією прикладеної напруги) від часу дії напруження $\varepsilon = f(\tau)$, які адекватно описують кінетику структурно-механічних властивостей системи залежно від вмісту концентрату ядра соняшника (2,5, 5, 7,5%), желатину (1, 3, 5%); олії рафінованої дезодорованої (0, 15, 30%) та жиру рослинного (0, 15, 30%) [4].

Експеримент проводили наступним чином. Зразок продукту структурованого розміщували між пуансоном і столиком, а після охолодження і формування у вигляді циліндрика залишали для тиксотропного відновлення структури на $(15...20) \times 60$ с. Потім підбирали фіксоване значення вантажу, який повинен створювати однакове напруження стискування для всіх досліджуваних зразків. Крім того також важливо, при проведенні досліджень, забезпечувати однакову температуру та висоту зразків [1; 4; 5].

Перше миттєве значення абсолютної деформації одержували за допомогою мікроскопа, як тільки навантаження починає діяти на зразок. Після цього з періодичністю $(1) \times 60$ с. знімали значення абсолютної деформації протягом $(10) \times 60$ с. Подальші спостереження вели з періодичністю $(5) \times 60$ с. Після зняття навантаження фіксували миттєву деформацію, а потім аналогічно, як під час навантаження, знімали покази приладу під час релаксації.

Дослідження залежності структурно-механічних показників продукту структурованого від концентрації основних рецептурних компонентів проводилися наступним чином: змінювали концентрацію одного компоненту при фіксованому значенні інших. Раціональними значеннями було прийнято: концентрат ядра соняшника - 5 %; желатин — 3 %; олія — 15 % та жир рослинний тугоплавкий — 15%.

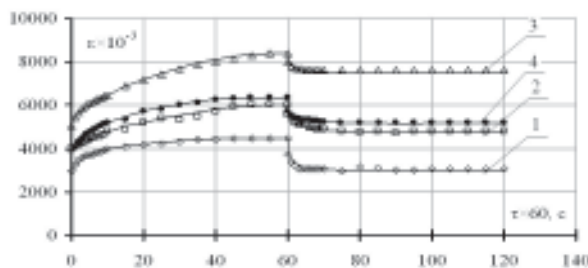


Рис. 1. Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від концентрації желатину: 1 — 1%; 2 — 3%; 3 — 5%. 4 — контроль — сир Фета

За результатами досліджень впливу концентрації основних рецептурних компонентів на кінетики деформації та проведених обчислень реологічні характеристики продукту структурованого наведені в табл. 1—3.

Як видно з кривих повзучості продуктів структурованих (рис 1, 2, 3), найбільш текучим є зразки з вмістом концентрату ядра соняшника 2,5 % із загальною деформацією 9680×10^{-3} ; з вмістом желатину 1 % із загальною деформацією 8440×10^{-3} ; та з вмістом олії 30% із загальною деформацією 8496×10^{-3} ;

Таблиця 1. Характеристика залежності показників продукту структурованого від вмісту желатину

Позначення	Найменування показника	Концентрація желатину, %		
		1	3	5
$\varepsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	7192	4688	4304
$\varepsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	1248	1344	192
$\varepsilon_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	8440	6032	4496
σ	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Податливість, Па^{-1} , 10^{-4}	6,76	4,83	3,60
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	250,21	312,26	415,24
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	567,8	1815,5	963,8
η^*0	Пластична в'язкість, $\text{Па} \times \text{с}$	3603023	3345664	2341965
K	Відношення деформ. звор. до заг.	0,85	0,78	0,96
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \times \text{с}$	267653,	936786,	374714,

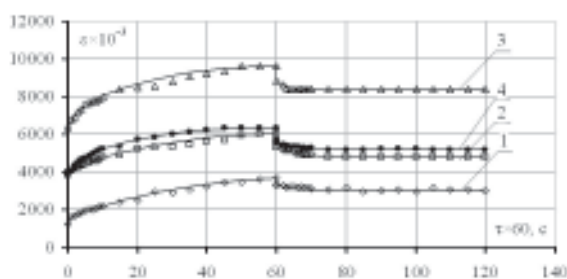


Рис. 2. Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від вмісту концентрату:
1 — 2,5%; 2 — 5%; 3 — 7,5%. 4 — контроль: сир Фета

Найбільш стійкими до стискувального напруження є зразки з концентрату ядра соняшника 7,5 % із загальною деформацією 3696×10^{-3} ; з вмістом желатину 5 % із загальною деформацією 4496×10^{-3} ; рослинного жиру 30 % із загальною деформацією 4032×10^{-3} , що узгоджується з органолептичними показниками продукту.

З аналізу таблиць залежності модулів від концентрації рецептурних компонентів видно, що умовно миттєвий модуль пружності в діапазоні концентрацій концентрату ядра соняшника 2,5...7,5% підвищується на 79,6%, відповідно 192,75...940,55 Па; в діапазоні концентрацій желатину 1...5% - цей показник зростає на 39,7%; в діапазоні концентрацій рослинних олій 15...30% умовно миттєвий модуль пружності знижується на 28,8%, а для рослинних жирів за таких параметрів він підвищується на 36,8%.

ТЕХНОЛОГІЯ

Збільшення вмісту желатину в рецептурі продукту структурованого понад 3% спричиняє різке зростання модуля пружності, що призводить до ущільнення структури можливо в наслідок посилення дії просторового каркасу структуроутворювача і переходу скибкової структури в крихку, тверду. Збільшення вмісту концентрату ядра сояшиника понад 7,5% та вмісту жиру рослинного понад 15% спричиняє різке підвищення модуля пружності, що призводить до виникнення твердої структури. Збільшення вмісту олії в рецептурі понад 15% спричиняє зниження модуля пружності, що призводить до грузлої структури, можливо внаслідок зниження міжмолекулярних зв'язків білка з олією, внаслідок гідрофільно-гідрофобної взаємодії; зростання його емульгуючої здатності через зменшення вільної води в рецептурі.

Таблиця 2. Характеристика залежності показників структурованого продукту від вмісту концентрату ядра сояшиника

Позначення	Найменування показника	Вміст концентрату, %		
		2,5	5	7,5
$\varepsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	8432	4688	2160
$\varepsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	1248	1344	1536
$\varepsilon_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	9680	6032	3696
σ	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Податливість, $\text{Па}^{-1} \cdot 10^{-3}$	7,8	4,8	2,9
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	192,8	312,3	940,6
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль, Па	639,9	1815,5	1501,3
η^*0	Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с} \cdot 10^6$	3,60	3,35	2,93
K	Відношення деформ. звор. до заг.	0,87	0,78	0,58
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \cdot \text{с} \cdot 10^5$	3,23	9,37	5,20

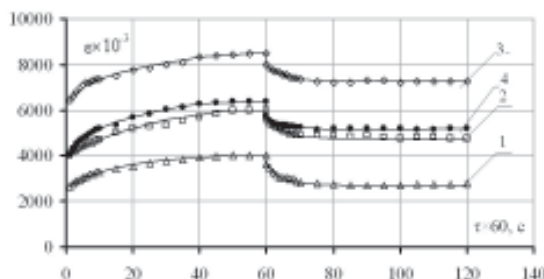


Рис. 3. Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від концентрації жирової компоненти:
1 — олія, 30%; 2 — олія : рослинний жир тугоплавкий — 1 : 1, 30%; 3 — рослинний жир тугоплавкий, 30%. 4 — контроль: сир Фета

Зменшення концентрації желатину понад 1% спричиняє суттєве зменшення модуля пружності і призводить до збільшення текучості структури можливо внаслідок послаблення просторового каркасу структуроутворювача й руйнування скибкової структури. Зменшення вмісту олії понад 15 % спричиняє збільшення модуля пружності і призводить до ущільнення структури, можливо внаслідок посилення зв'язків води з білком через її нестачу в системі.

Таблиця 3. Характеристика залежності показників продукту структурованого від вмісту олії та жиру рослинного тугоплавкого

Позначення	Найменування показника	Олія, 30 %	Олія+жир росл., 30 % (1:1)	Жир рослинний, 30 %
$\varepsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	8016	4688	3552
$\varepsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	480	1344	480
$\varepsilon_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	8496	6032	4032
σ	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Податливість, Па^{-1}	0,0068	0,0048	0,0032
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	222,4	312,2	494,1
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	520,4	1815,5	1219,8
η^*0	Пластична в'язкість, $\text{Па} \times \text{с}$	9367860	3345664	9367860
K	Відношення деформ звор. до заг.	0,94	0,78	0,88
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \times \text{с}$	191180	936786	624524

Висновки. Встановлено, що діапазон концентрацій концентрату ядра соняшника 5 ± 1 %, рослинних жирів 30 ± 3 % та желатину 3 ± 1 % в продукті є раціональним і дозволяє регулювати консистенцію готового продукту в потрібних межах для продукту структурованого і найкраще узгоджується з характеристиками аналогу — сиру Фета.

Структуру продукту структурованого згідно класифікації Ребіндера можна віднести до коагуляційної, в якій взаємодія між елементами відбувається через тонкий шар дисперсійного середовища і обумовлена силами Ван-дер-Ваальса.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Реология пищевых продуктов* [Текст] : Лабораторный практикум / С. Г. Машин [и др.]. — СПб. : ГИОРД, 2006. — 176 с.
2. *Натуральные сыры с использованием сырья немолочного происхождения* [Текст] / Н. Ф. Горелова [и др.] // Сыроделие. — № 1. — 1999. — С. 12.
3. *Васильев Д.С.* Подсолнечник [Текст] / Д. С. Васильев. — М. : Агропромиздат, 1990. — С. 7.
4. *МакКена, Б. М.* Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы [Текст] / Б.М. МакКена ; перевод с англ. под науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю.Г. Базариновой. — СПб. : Профессия, 2008. — 480 с.
5. *Крусь Г.Н., Шалыгина А.М., Волокитина З.В.* Методы исследования молока и молочных продуктов. — М.: Колос 2000, 368 с.

Одержано редколегією 5.05.2010 р.

А.І. УКРАЇНЕЦЬ, д-р техн. наук,

І. О. КРАПИВНИЦЬКА, канд. техн. наук,

Т.Я. ХАРИТОН, канд. хімі. наук,

Н.Г. ХАРИТОН, магістр

Національний університет харчових технологій (Київ),

Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології

ім. Р.Є. Кавецького НАН України

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПЕКТИНУ, ВИДІЛЕНОГО З БІЛОКАЧАНОЇ КАПУСТИ

Вивчено капусту, як джерело харчових волокон, в тому числі, пектину, наведено порівняльні аналітичні характеристики бурякового, яблучного, цитрусового пектинів з капустиним. Досліджено особливості будови капустиного пектину за допомогою методу ІЧ-спектроскопії

Ключові слова: пектин, харчові волокна, карбоксильні і ацетильні групи.

Изучена капуста как сырье для получения пектина. Дана сравнительная аналитическая характеристика бурякового, яблочного и цитрусового пектинов. Исследованы особенности строения капустиного пектина методом ИК-спектроскопии.

Ключові слова: пектин, пищевые волокна, желирующий агент, карбоксильная и ацетильная группы.

Cabbage vegetables have been studied as raw material for pectin. Comparative characteristics of the beet, apple and citrus pectin are given. The structural features of cabbage pectin were investigated using IR-spectrography method.

Key words: pectin, dietary fiber, acetyl and carboxyl groups.

Україна — одна з найбільш екологічно небезпечних країн Європи. Стан навколишнього середовища досяг критичного рівня. Результати катастрофи на Чорнобильській АЕС сьогодні почали набувати загрозливих масштабів. У зв'язку з цим все більше значення для адаптації населення набувають адаптогени, імунокоректори та детоксиканти, що отримують з рослинних джерел суходолу і морів українського регіону.

Відомо, що природні харчові добавки, що містять пектинові речовини, здійснюють комплексний вплив на організм людини: блокують всмоктування стабільних і радіоактивних металів на рівні шлунково-кишкового тракту, сприяють декорпорації їх з організму, володіють протипроменевою та антиоксидантною дією, стимулюють виведення з організму ксенобіотиків, зокрема пестицидів, підвищують фагоцитозну активність ретикулоендотеліальної системи, знижують протромбіновий індекс [1, 2, 3]. Лікувально-профілактичну дію пектинових речовин пояснюють їх складом і будовою.

Вміст пектинів у рослинних матеріалах коливається у широких межах: від 0,5% до 40% на суху масу.

На відміну від крохмалю і целюлози, у яких головною складовою є моносахарид — глюкоза, в пектині головною складовою є метиловий ефір галактуранової кислоти [4].

Згідно сучасним уявленням, пектинові молекули це лінійні ланцюги, що містять від 200 до 1000 кілець галактуранової кислоти у піранозній конфігурації і з'єднаних між собою б — 1,4 глікозидними зв'язками. Пектини все більше використовують як ентеросорбент екологічно небезпечних речовин: солей важких металів, багатьох токсичних органічних речовин, а також радіонуклідів [4].

© А.І. Українець, Г.О. Сімахіна, Т.Я. Харітон, І.О. Крапивницька, Н.Г. Харітон, 2010

Завдяки фізико-хімічним властивостям, таким як здатність до геле-, утворення, пектини застосовують у різноманітних галузях промисловості і найбільше у харчовій.

Пектин, що є на ринку України, виробляють західні фірми, надзвичайно вартісний. Вирішити проблему нестачі в Україні пектину, можна, впровадженням його власного виробництва за рахунок дешевої вітчизняної сировини.

Авторами багатьох робіт [4, 5] досліджено різні овочі у якості можливого джерела харчових волокон, складовою яких є пектин (розчинна клітковина), у тому числі, капуста. Капуста, що є продуктом широкого вжитку в Україні та вторинною сировиною промислової переробки капусти на сік, консерви, тощо (таб. 1).

Таблиця 1. Вміст харчових волокон у капусті

Продукт	Всього г на 100 г продукту	Розчинна клітковина/г	Нерозчинна клітковина/г
Брюсельська капуста	4,40	1,45	2,95
Білокачанна капуста	4,20	0,42	2,38
Кольорова капуста	2,60	1,04	1,56
Квашена капуста	2,20	0,88	1,32

Фізико-хімічні властивості пектинів, їх подальше застосування залежить від виду і якості використаної рослинної сировини, умов екстракції пектину з цієї сировини, а також від наявності і кількості функціональних груп.

Актуальним є дослідження пектину у двох напрямках: — пектин, що задовольняє вимогам відповідної галузі промисловості, його споживчу здатність, і пектинові речовини як структурні полісахариди клітин рослин.

Наші експериментальні дослідження торкаються обох напрямків.

В лабораторних умовах виділили пектин з білокачанної капусти за методом [6]. Отримали порошок світло-рожевого кольору, без запаху, кислуватий на смак.

Отримані результати фізико-хімічних показників капустиного пектину були порівняні з буряковим, яблучним, цитрусовим пектинами і представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика фізико-хімічних показників якості пектину різного походження

Вид пектину	Фізико-хімічні показники			
	Вміст галактуронової кислоти, %	Вміст ацетильних груп, %	Ступінь етерифікації, %	Молекулярна маса, Да
Цитрусовий	94,39	—	77,48	70560
Буряковий	91,56	0,12	53,35	20230
Яблучний	93,72	0,02	78,21	90150
Капустяний	73,63	0,15	64,92	47870

З таблиці видно що, фізико-хімічні характеристики пектинових речовин варіюються у широких межах. Допустимий вміст ацетильних груп, високий ступінь етерифікації, достатньо висока молекулярна маса капустиного пектину говорить про здатність до гелеутворення, за даними літературних джерел, у межах 170° SAG одиниць [5].

Для дослідження структури пектину, виділеного з білокачанної капусти отримано інфрачервоні спектри. ІЧ — спектри виміряні на спектрофотометрі FT-IR (Фур'є спектрофотометр) Nikolet фірми "Nexus" в області 700—3600 см⁻¹. ІЧ-спектр отриманих пектинових речовин капусти вимірювали у вигляді пігулок з KBr (таб. 3, рис. 1).

ТЕХНОЛОГІЯ

ІЧ-спектри містять важливу інформацію про склад і структуру речовин. Дають можливість визначити чистоту речовини, відносну і абсолютну кількість вільних і заміщених карбоксильних груп, наявність зольної складової [7, 8].

Відомо, що смуги поглинання первинних гідроксильних груп спостерігаються в області $3590\text{—}3650\text{ см}^{-1}$. У спектрі пектину капусти утворилась інтенсивна смуга поглинання в області 3447 см^{-1} , що пояснюється наявністю гідроксильних груп, а зміщення смуги поглинання гідроксильних груп можна пояснити за рахунок утворення асоціатів вільних гідроксильних груп під час виникнення водневих зв'язків.

Таблиця 3. Характеристичні смуги поглинання ІЧ спектрів капустиного пектину

1740	C=O зв'язок, карбонільні або/та карбоксильні групи
3447	O-H зв'язок, гідроксильні групи
1050—1170 см^{-1}	Характеристична смуга ефірної групи C-O-C

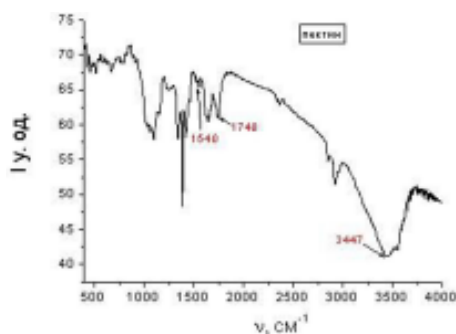


Рис. 1. ІЧ-спектр капустиного пектину

На ділянці $1740\text{—}1700\text{ см}^{-1}$ спостерігається смуга поглинання, яка характеризує наявність вільних карбоксильних груп.

Інтенсивна смуга поглинання в області $1150\text{—}1060\text{ см}^{-1}$ говорить про наявність полярного зв'язку C-O, який може давати інформацію про характеристичні групи C-O-C, тобто, аліциклічні ефірні групи.

Висновки. 1. Досліджено капусту як перспективну сировину для отримання пектину. Вміст пектинових речовин становить 8—12 % на суху масу, що ставить її в ряд промислових сировинних джерел пектину. 2. З'ясовано що пектин капусти має високі органолептичні показники, за фізико-хімічними показниками його можна віднести до високоетерифікованого пектину (ступінь етерифікації — 65%) і високомолекулярного (молекулярна маса — 48000). 3. Інфрачервоний спектр капустиного пектину підтверджують наявність функціональних (карбоксильних, гідроксильних та ефірних зв'язаних) груп у молекулі цього полісахариду.

ЛІТЕРАТУРА

1. В.Я.Бережа, П.П. Чаяло. Вплив пектину на пострадіаційні зміни у вільнорадикальних та антиоксидантних системах шурів. // Український Радіологічний журнал. — 1997. — №5.
2. Українець А.І., Сімахіна Г.О. // Технологія оздоровчих харчових продуктів // Курс лекцій. К: 2009. — с.37.
3. М.С.Дудкин, Л.Ф.Щелкунов, Е.И.Данилова. Патент України 42073 Спосіб профілактики радіонуклідного поражения — Бюл. 2001 — № 9.
4. Донченко Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов: учеб. пособие. — М.: ДеЛи, 2000. 255с.

5. Голубев В. Н. Способ получения пектина. Патент РФ. № 2066962, 1996.
6. Смолин А. Н., Филиппович Ю. Б., Васильева Н. В., Егорова Т. А. Практикум по общей биохимии. //2000 — М.: Просвещение. С. 148—150.
7. Филиппов М.П. ИК-спектроскопическое определение карбоксильных групп в пектиновых веществах. //Журнал аналитической химии. 1973.Т.28, Вып.5. С.1030—1031.
8. З.Н. Хатко. Инфракрасные спектры свекловичного пектина. //Ж.Новые технологии № 5. — Майкопский ГТУ: — 2008 — С. 39—46.

Одержана редколегією 18.05.2010 р.

В.І. Стойко,**Н.М. Жданова**, д-р біол. наук,**В.Л. Айзенберг**, канд. біол. наук,**Г.П. Капічон***Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Київ***В.В. Коновалова**, канд. техн. наук*Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ*

ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ КОНЦЕНТРУВАННЯ ТА ОЧИСТКИ ІНУЛІНАЗИ *PENICILLIUM* SP. 225

Проведено концентрування та часткова очистка інулінази з культуральної рідини *Penicillium* sp. 225 з використанням мембранних технологій. Вивчено вплив ультрафільтраційних мембран на якість отриманого концентрату. За допомогою підібраної полісульфонової мембрани УН-030Р ступінь очищення отриманого препарату з концентрату склав 2,2.

Ключові слова: мікроскопічні гриби, інуліназна активність, ультрафільтрація.

Проведено концентрирование и частичная очистка инулиназы из культуральной жидкости *Penicillium* sp. 225 с использованием мембранных технологий. Изучено влияние ультрафильтрационных мембран на качество полученного концентрата. С помощью подобранной полисульфоновой мембраны УН-030Р степень очистки полученного препарата из концентрата составил 2,2.

Ключевые слова: микроскопические грибы, инулиназная активность, ультрафильтрация.

The method of ultrafiltration has been used for concentrating and a partial purification of the inulinase from culture liquid of *Penicillium* sp. 225. The membrane УН-030Р was selected for concentrating inulinase of the fungus. The degree of purification of the enzyme with use of the chosen membrane was 2.2.

Key words: microscopic fungi, inulinase activity, ultrafiltration.

Інуліназа (2,1-в-D-фруктозанфруктаногідролаза, КФ 3.2.1.7) належить до класу гідролаз, каталізує реакцію гідролізу інуліну до фруктози та незначної кількості глюкози. Значний інтерес до цього ферменту обумовлений можливістю його використання в харчовій та мікробіологічній промисловості: при виробництві молочної кислоти, етилового спирту, фруктози та фруктозних сиропів тощо [1–3].

В результаті проведеного нами скринінгу щодо здатності до синтезу інулінази серед 301 колекційної культури 106 видів 39 родів мікроміцетів було селекціоновано новий ефективний штам *Penicillium* sp. 225 [4]. Було розроблено склад поживного середовища для вирощування продуцента та проведена оптимізація умов його культивування для досягнення максимального біосинтезу інулінази.

Для виділення та очистки ферментних препаратів використовують різноманітні способи: осадження органічними розчинниками, висолювання, хроматографію, ультрафільтрацію. Ультрафільтраційна технологія розділення розчинів відома давно, вона успішно застосовується в харчовій, хімічній, мікробіологічній та інших галузях промисловості [5, 6].

© В.І. Стойко, Н.М. Жданова, В.Л. Айзенберг, Г.П. Капічон, В.В. Коновалова, 2010

Метою даної роботи стало вивчення впливу мембранних технологій на концентрування та очистку інулінази з *Penicillium* sp. 225. В задачі дослідження входило вибір ультрафільтраційної мембрани, що забезпечує оптимальну селективність та продуктивність процесу.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження був штам гриба *Penicillium* sp. 225, який відібраний з колекції культур відділу фізіології та систематики мікроміцетів Інституту мікробіології і вірусології НАН України.

Культивування дослідженого мікроскопічного гриба проводили на поживному середовищі наступного складу, г/л: нітрат калію — 2; дігідрофосфат калію — 1; сульфат магнію — 0,5; хлорид калію — 0,5; сульфат заліза — 0,01; жмх топінамбуру — 20.

Культуру вирощували у глибинних умовах у колбах Ерленмейєра об'ємом 750 мл за температури 20—25 °С.

Ультрафільтрацію проводили в установці непроточного типу Amicon 8200 (Millipore, США) при робочому тиску 200 кПа. У роботі використовували целюлозні: UC-010T, C-030FM (з відсікальною здатністю за молекулярною масою (cut off) 10 та 30 кДа) та полісульфононі: P-010F, УН-030Р, УН-050Р (cut off 10, 30 та 50 кДа відповідно) мембрани (виробництво Microdun Nadir, Німеччина), сформовані на пористій поліпропіленовій підкладці. Ефективність роботи мембран оцінювали за їх продуктивністю, яку розраховували за формулою:

$$P = \frac{V}{St}, \text{ л/м}^2\cdot\text{год} \quad (1)$$

де V — об'єм фільтрату, який відібраний за час t ($V = 5$ мл); S — поверхня фільтрації, м^2 ($S = 13,4$ см^2); t — тривалість відбору 5 мл фільтрату, год,

а також за селективністю (коефіцієнту затримування), яку розраховували за формулою:

$$R = \frac{A_1 - A_2}{A_1} 100 \%, \quad (2)$$

де A_1 — активність ферменту у вихідному розчині, од., A_2 — активність ферменту в перміаті (фільтраті), од.

Ступінь концентрування препарату визначали за допомогою ступеня відбору, що розраховували за формулою:

$$\alpha = \frac{V_1}{V_0} \cdot 100\% \quad (3)$$

де V_1 — об'єм фільтрату, мл; V_0 — початковий об'єм рідини, що фільтрується, мл [5].

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, pH 4.6).

Інуліназну активність (A_i) рідких форм ферменту визначали за формулою:

$$A_i = \frac{K}{180TV} R, \text{ од./мл} \quad (4)$$

де K — кількість моноцукрів, які утворилися при ферментативному гідролізі (визначається за калібрувальною кривою), мкг; T — час реакції, хв.; V — об'єм проби ферменту, що взятий для проведення реакції. В даній роботі $V = \text{const} = 0,02$ мл; R — розведення проби ферменту; 180 — вага 1 мкМ фруктози, мкг; $K/180$ — кількість мкМ фруктози, яка утворилась в результаті ферментативного гідролізу інуліну [7]

Білок визначали за методом Лоурі [8].

Усі експерименти повторювали тричі. У таблиці наведено середні арифметичні величини, відхилення від середнього значення не перевищувало 5%.

Результати та їх обговорення

При виробництві рідких форм ферментних препаратів доцільно використовувати ультрафільтрацію, що дозволяє очистити ферменти від низькомолекулярних домішок та одночасно провести концентрування ферментних розчинів. Враховуючи, що всі ферменти мають різні фізико-хімічні властивості процес ультрафільтрації необхідно розробляти індивідуально для кожного препарату.

ТЕХНОЛОГІЯ

Одним із головних питань при вивченні ультрафільтрації біологічно активних речовин є вибір мембрани. Визначальним фактором при цьому є селективність та продуктивність мембрани відносно концентрованої речовини.

У результаті проведення ультрафільтрації культуральної рідини гриба *Penicillium* sp. 225 через досліджені мембрани, отримано дані щодо продуктивності кожної з мембран, за якими побудована залежність проникної здатності мембран від ступеня відбору (рис. 1).

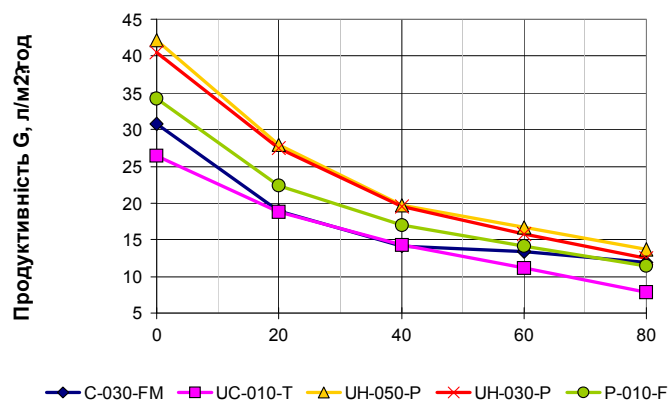


Рис. 1. Залежність продуктивності мембран від ступеня відбору

Порівняльна характеристика ультрафільтраційних мембран при концентруванні інулінази

Досліджений розчин	Тип мембрани	Продуктивність за водою, л/м²·год	Середнє значення продуктивності за розчином ферменту, л/м²·год	Інуліназна активність, од/мл	Концентрація білка, мг/мл	Питома активність, од/мг білка	Селективність за інуліназою, %	Інактивація ферменту під час ультрафільтрації, %	Ступінь очищення
Вихідний розчин (КР)	—	—	—	20,90	7,5	2,79	100,0	—	1,0
концентрат	UC-010T	40	15,7	49,44	15,3	3,23	91,5	44,2	1,2
фільтрат				2,22	2,5				
концентрат	C-030FM	150	17,85	53,32	14,6	3,65	87,3	36,2	1,3
фільтрат				3,33	3,5				
концентрат	P-010F	50	19,84	50,52	13,1	3,86	96,3	47,9	1,4
фільтрат				0,97	3,1				
концентрат	UH-030P	100	23,16	72,20	11,9	6,07	82,0	12,8	2,2
фільтрат				4,72	4,3				
концентрат	UH-050P	250	24,01	51,64	11,7	4,41	80,9	31,4	1,6
фільтрат				5,00	3,6				

Найвищою середньою продуктивністю — 24,01 л/м²-год. характеризується полісульфонова мембрана з cut off 50 кДа, але селективність її за інуліназою найнижча і складає 80,9 %. При зменшенні cut off мембрани до 30 кДа, як для целюлозної, так і для полісульфонові мембран селективність за ферментом підвищується і складає 87,3 % та 82 % відповідно. Найкращими селективними властивостями (понад 92 %) характеризуються мембрани з cut off 10 кДа, але значення їх продуктивності набагато нижчі і продовжують знижуватися в процесі ультрафільтрації, що обумовлено утворенням гелевого шару на їх поверхні, так званої «вторинної мембрани».

Отже, експериментально доведено можливість використання ультрафільтрації для концентрування та часткової очистки культуральної рідини гриба *Penicillium* sp. 225. Для цього процесу можна рекомендувати полісульфонові мембрани. Оптимальним варіантом виявилась полісульфонова мембрана УН-030Р з високою середньою продуктивністю 23,16 л/мл-год та коефіцієнтом затримання 82,0%, в результаті чого вдалося досягнути концентрування в 3,5—4 рази. Показник інуліназної активності препарату з концентрату склав 72,2 од/мл (питома активність 6,07 од/мг), ступінь очищення 2,2. Втрати активності ферменту при ультрафільтрації складають 12%.

рН ферментного розчину може впливати на продуктивність ультрафільтрації за рахунок «вторинної мембрани», що знижує швидкість процесу.

В зв'язку з цим було вивчено вплив рН на процес концентрування. Початкове рН препарату з культуральної рідини становило рН 7,4 — 7,5. Встановлено, що найбільша середня продуктивність процесу спостерігається в зоні рН 5,5 — 9,5 — не менше 20,5 л/мл-год. При значеннях рН менше за 5,5 та більше за 9,5 швидкість ультрафільтрації знижується до 14 л/м²-год. При рН 3,0 продуктивність процесу була надзвичайно мала і склала всього 5,7 л/м²-год.

Ферментативна активність концентрату проявляла іншу залежність від величини рН. Загальна активність концентрату отриманого при введенні процесу при рН 6,0 та 8,0 на 40 % нижче ніж при рН 7,5. При рН 3,0 та значеннях більше рН 9,5 відносна активність концентрату не перевищувала 10 % від максимальної. Втрати з перміатом практично однакові при всіх значеннях рН (не більше 3 %).

Так як основним показником процесу є ферментативна активність концентрату проводити ультрафільтрацію доцільно при рН 7,5.

Висновок. Таким чином, рекомендована для концентрування інулінази *Penicillium* sp. 225 є полісульфонова мембрана УН-030Р з продуктивністю 23,16 л/мл-год та коефіцієнтом затримання 82,0 %. Оптимальні умови концентрування зафіксовані при рН 7,5. Проведення ультрафільтрації з такими параметрами дозволяє отримати препарат, зі ступенем очищення 2,2.

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. Грушецкий Р.И. Разработка получения инулина из топинамбура. — К.: Вища школа, 1993. — 150 с.
3. Zittan L. Enzymatic hydrolysis of inulin — an alternative way to fructose production // Starch. — 1981. — V. 33, N 11. — P. 373 — 377.
4. Стойко В.І., Жданова Н.М., Айзенберг В.Л., Капичон Г.П. Скринінг мікроміцетів — продуцентів інулінази // Біотехнологія. — 2010. — Т.3, №2. — 2010. — С. 48 — 55.
5. Сова В.В., Кусайкин М.И. Методическое пособие к практическим занятиям по очистке белков. — Владивосток: Из-во Дальневост ун-та, 2006. — 42 с.
6. Дытнерский Ю. И. Мембранные процессы разделения жидких смесей — М.: Химия, 1975. — 232 с.
7. 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.
8. 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.

Одержана редколлегією 20.05.2010 р.

М.В. БІЛЬКО, канд. техн. наук

А.І. ТЕНЕТКА, магістрант

Національний університет харчових технологій

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІЛИХ СТОЛОВИХ ВИН З ВИКОРИСТАННЯМ АНТИОКСИДАНТІВ

Наведено результати досліджень з визначення оптимальної комбінації антиоксидантів, яка підвищує ступінь відновленості виноматеріалу та покращує якість білих столових вин.

Ключові слова: білі столові вина, антиоксиданти, глутатіон дріжджів, аскорбінова кислота, танін галловий, окиснення, фенольні речовини, редокс-потенціал.

Представлены результаты исследований по определению оптимальной комбинации антиоксидантов, повышающей степень восстановления виноматериала и улучшающей качество белых столовых вин.

Ключевые слова: белые столовые вина, антиоксиданты, глутатион дрожжей, аскорбиновая кислота, танин галловый, окисление, фенольные вещества, редокс-потенциал.

The results of investigations to determine the optimal combination of antioxidants, which increases the degree of recovery of the wine material and improving the quality of white table wines.

Key words: white table wine, antioxidants, glutathione yeast, ascorbic acid, gallic tannin, oxidation, phenolic substances, redox potential.

В зв'язку зі вступом України до Світової організації торгівлі вимоги до столових вин, вироблених в нашій країні, значно підвищилися. Білі столові вина можна по праву назвати найбільш вибагливими та чутливими винами.

Найменша помилка в технології може призвести до зниження їх якісних показників. Тому до їх виробництва потрібно підходити з особливою обережністю. Тони окисненості в смаку, кольорі та ароматі недопустимі в білих столових винах.

До окисненості виноматеріалів призводить ряд хімічних реакцій, в основі яких лежать окиснювальні перетворення фенольних сполук, що каталізуються металами змінної валентності, ферментами винограду та уповільнюються природними та внесеними антиоксидантами. Відомими антиоксидантами є діоксид сірки, танін, аскорбінова кислота, які вносяться в процесі виготовлення вина. При спиртовому бродінні дріжджі секретують глутатіон, який також характеризується антиоксидантною дією.

На даний період часу на ринку представлений широкий асортимент препаратів відновлюваної дії. Але питання підбору їх оптимальної комбінації для приготування білих столових вин не достатньо досліджено.

Відомо, що сірчиста кислота паралізує дію оксидоредуктаз і оберігає сушло від побуріння. Крім того, вона має відновлювальні властивості і знижує окисно-відновний потенціал системи [1]. В процесі бродіння дріжджі виділяють трипептид глутатіон, який інгібує процес вільнорадикального окиснення фенольних речовин. Також відомо, що антиоксидантні властивості має аскорбінова кислота, які полягають у тому, що вона відновлює напівокиснені форми фенольних

речовин — хінони — до їх неокиснених форм. Таніни є сильними антиоксидантами, що здатні вловлювати кисень і захищати компоненти вина від окиснення, а також видаляють природні оксидази винограду. Вони діють в синергізмі з сірчистим ангідридом і аскорбіновою кислотою [2].

Метою даної роботи було дослідження впливу внесених антиоксидантів на якість білих сухих виноматеріалів.

Задачею даної наукової роботи було визначення найкращої комбінації антиоксидантів та дослідження їх впливу на якість білих столових виноматеріалів.

Об'єктами досліджень були виноматеріали, що виготовлені із винограду сорту Совін'йон зелений в умовах мікровиноробства із застосуванням антиоксидантів у комбінаціях, представлених на рисунку 1.

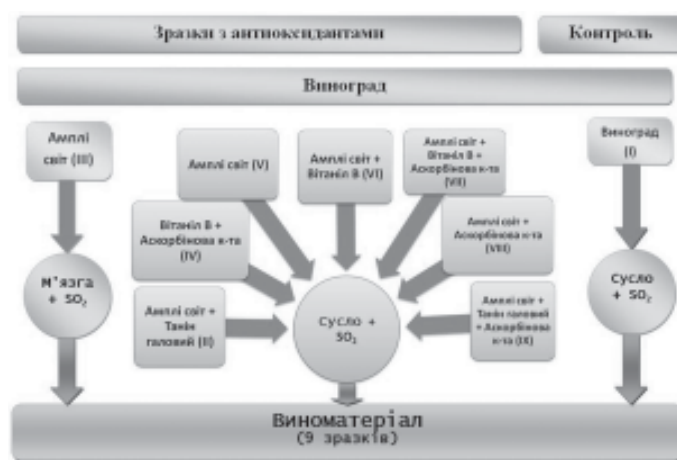


Рис. 1. Схема досліджу

В роботі застосовували п'ять типів антиоксидантів фірм Martin Viollette (Франція) та Dцhler (Німеччина), у дозах рекомендованих фірмами-виробниками:

- Амплі світ, який містить у своєму складі глутатіон дріжджів — 1 г/дал;
- Вітаніл В (галотанін) — 1,5 г/дал;
- Танін галловий — виноробний танін вищої очистки виключно ботанічного походження, вироблений на основі відібраних галових горішків — 0,2 г/дал;
- аскорбінова кислота — 5 г/дал;
- кадефіт (бісульфіт калію) фірми — 1 г/дал.

Якість виноматеріалів досліджували за органолептичними та основними фізико-хімічними показниками, співвідношенням форм фенольного комплексу (катехіни, лейкоантоціани, нефлаваноїдні мономери, флаволи, флаванони, флавоноли) та показниками окисно-відновного стану виноматеріалу (E_h — редокс-потенціал, w — питомий приріст потенціалу та W — ступінь окислення фенольних речовин) [3].

Результати досліджень та їх обговорення

Результати органолептичного аналізу дозволили встановити, що всі дослідні зразки характеризувалися більш високими дегустаційними балами у порівнянні з контролем (рис 2).

Як видно з діаграми високі дегустаційні бали отримали зразки № 4, 7, 8 та 9 — 7,85 з 8 можливих. В усіх цих комбінаціях присутня аскорбінова кислота в поєднанні з іншими антиоксидантами, які за принципом синергізму посилюють дію один одного.

Зразок № 2, який містив в своєму складі глутатіон і танін галловий, отримав дегустаційний бал на рівні з контролем — 7,65. При чому він єдиний був самим окисненим і мав нетиповий для молодого вина аромат і смак витримки, що пояснюється наявністю конденсованих поліфенолів у складі таніну галового.

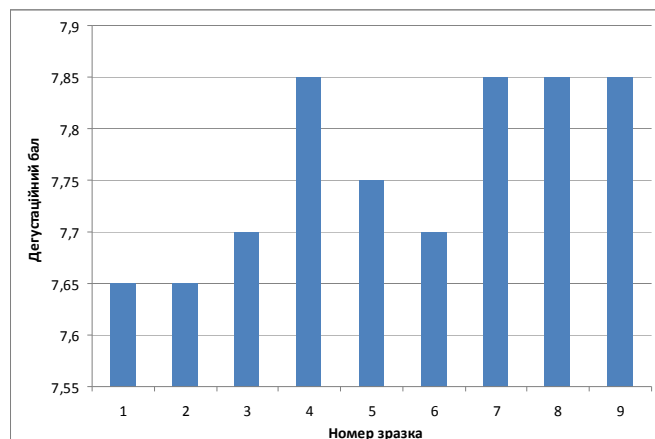


Рис. 2. Органолептична оцінка дослідних зразків:

1. — Контроль (антиоксидантів не містить); 2. — Амплі світ + Танін галовий (сусло); 3. — Амплі світ (м'язга); 4. — Вітаніл В + аскорбінова к-та (сусло); 5. — Амплі світ (сусло); 6. — Амплі світ + Вітаніл В (сусло); 7. — Амплі світ + Вітаніл В + аскорбінова к-та (сусло); 8. — Амплі світ + аскорбінова к-та (сусло); 9. — Амплі світ + Танін галовий + аскорбінова к-та (сусло)

Також слід відмітити зразок № 3, який був приготовлений з препаратом на основі глутатіону дріжджів, при чому вносили його у м'язгу. В зразках були відмічені легкі гребеневі тони, нехарактерні для білого столового виноматеріалу та важкість смаку. Вірогідно, дози глутатіону при задаванні на м'язгу повинні бути збільшені, у зв'язку з більшим вмістом окислювальних ферментів, які локалізовані на твердих частинках м'язги. Тому глутатіон краще задавати у сусло, а не в м'язгу.

Після визначення основних фізико-хімічних показників ми спостерігали, що антиоксиданти на них істотно не впливають.

Наступним етапом досліджень було встановлення впливу застосування антиоксидантів на фенольний комплекс білих столових вин.

Із даних літератури відомо, що саме фенольні речовини мають найважливіше значення в процесі окиснення білих столових виноматеріалів.

Після визначення масової концентрації фенольних речовин у дослідних зразках було встановлено кореляційну залежність між загальним вмістом фенольних речовин і дегустаційною оцінкою (коефіцієнт кореляції 0,81). Вміст фенольних речовин в межах 500—600 мг/дм³ є оптимальним для набуття білим столовим виноматеріалом своїх найкращих органолептичних характеристик.

Результати досліджень розподілу мономерних та полімерних форм фенольних речовин у білих столових винах представлено на рисунку 3.

З отриманих даних видно, що кількість полімеризованих фенольних речовин досить незначна та варіює від 3 до 60 мг/дм³ (1,2 % до 17,7 % від загальної кількості фенольних речовин), це свідчить про досить незначну окисненість всіх зразків виноматеріалів. Це підтверджується даними літератури з яких відомо, що приблизний діапазон вмісту полімеризованих форм у неокиснених білих сухих виноматеріалах становить 5 — 86 мг/дм³ [4]. А велика кількість мономерних форм свідчить про значну відновлювальну здатність дослідних зразків.

З цього можна зробити висновок, що більша частина флаванолів, які позитивно впливають на ступінь відновленості вина, знаходиться у несконденсованому вигляді. Вміст продуктів їх полімеризації — танінів — досить незначний, і можна вважати, що у даному випадку ці речовини не несуть загрози окиснення дослідним виноматеріалам.

Аналіз розподілу мономерних форм фенольних речовин у зразках дозволив встановити, що всі зразки містять досить невелику кількість — від 4,58 до 21,32 мг/дм³ (1 — 10 %)

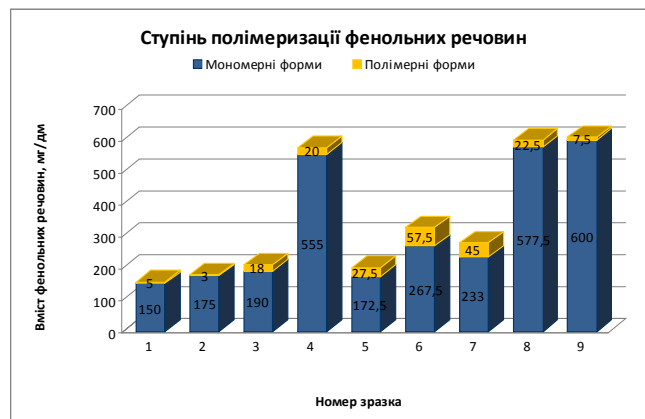


Рис. 3. Ступінь полімеризації фенольних сполук в дослідних зразках

несконденсованих форм лейкоантоціанів (рис. 4). Це можна пояснити тим, що під час бродіння до 90 % цих сполук втрачається внаслідок полімеризації і розчинності [5, 6]. Залишок же дуже легко конденсується і окиснюється, що є однією з основних причин окиснювального побуріння білих столових вин. То ж, чим більше у вині лейкоантоціанів, тим більше воно здатне до окиснення.

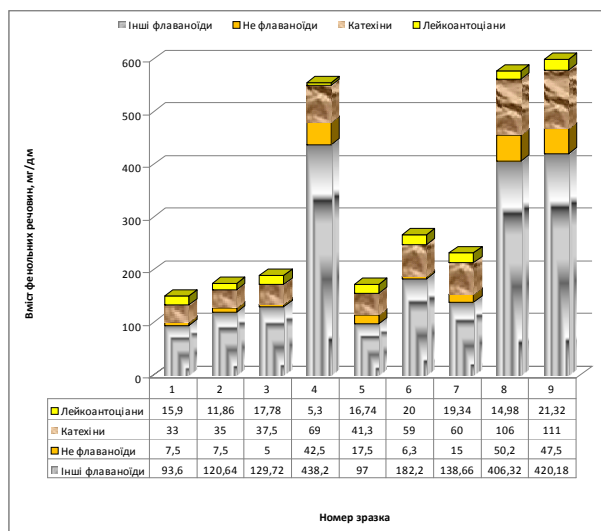


Рис. 4. Розподіл різних форм мономерної частини фенольного комплексу дослідних зразків

Катехіни є самою малоокисненою групою флаваноїдів, в першу чергу піддаються окисненню як ферментативному, так і не ферментативному. З рисунку видно, що у всіх зразках виноматеріалів міститься досить значна кількість мономерних катехінів, що свідчить про досить відновлений стан дослідних зразків. Також необхідно відмітити, що кількість катехінів добре корелює з дегустаційною оцінкою (коефіцієнт кореляції 0,8). Найбільший їх вміст спостерігався у зразках № 4, 8, та 9. Це свідчить про те, що комбінації антиоксидантів, які містять у своєму складі аскорбінову кислоту, є найбільш сильними відновниками.

ТЕХНОЛОГІЯ

До групи «Інші флаваноїди» на діаграмі входять флаванони, флавони та флаванолі. Вони є найбільш стійкими до ферментативного та не ферментативного окиснення серед усіх флаваноїдів [7].

Отримані данні дозволили встановити, що стан фенольного комплексу має значний вплив на органолептичні показники вина. Слід відмітити, що прослідковується певна кореляція між формами фенольних речовин.

На основі отриманих даних була проведена математична обробка результатів та отримана залежність дегустаційного балу від співвідношення кількості нефлаваноїдних мономерів до катехінів (рис. 5).

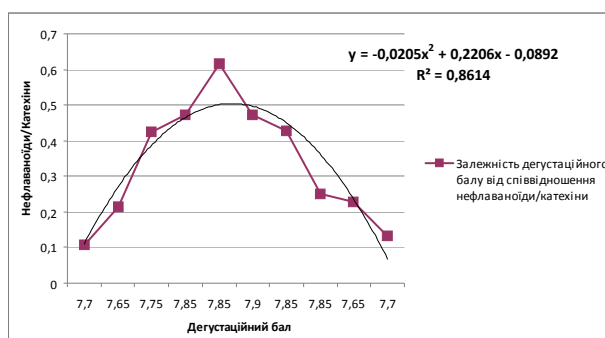


Рис. 5. Залежність дегустаційного балу від співвідношення нефлаваноїди/катехіни.

Коефіцієнт кореляції дегустаційного балу та співвідношення нефлаваноїдів та катехінів дорівнює 0,75. З графіку видно, що співвідношення величин в діапазоні від 0,4...0,5 є оптимальним для отримання виноматеріалу з високими органолептичними показниками. Отримане рівняння регресії можна використовувати для прогнозування якості білих столових вин.

Показник редокс-потенціалу характеризує інтенсивність і направленість ОВ-процесів у винах. Питомий приріст потенціалу характеризує відновленість виноматеріалу в даний момент часу. Ступінь окисненості фенольних речовин вказує на стан фенольного комплексу в момент проведення аналізу [8, 9].

Отримані результати наведені в таблиці.

Показники окисно-відновного стану виноматеріалу

Номер зразка	Eh, мВ	w, мВ/см ³	W, мВ*дм ³ /мг
1	312	52,4	0,63
2	309	61,8	0,57
3	275	68,3	0,63
4	189	83,7	0,34
5	284	65,8	0,61
6	290	50	0,32
7	242	80	0,55
8	209	61,5	0,3
9	186	84,8	0,33

Було визначено, що показник редокс-потенціалу дуже добре корелює з дегустаційною оцінкою, коефіцієнт кореляції становить — 0,93. Також відмічалася кореляція між значенням дегустаційного балу та двома іншими ОВ-показниками. Коефіцієнти кореляції становлять відповідно 0,75 для w, та — 0,6 — для W.

Із даних таблиці видно, що найменший редокс-потенціал спостерігається у винах з використанням аскорбінової кислоти. Це пояснюється її сильними відновними властивостями. Найкращими ж зразками стали № 4 та 9, які містили у своєму складі Вітаніл В з аскорбіновою кислотою, а також глутатіон, танін галовий та аскорбінову кислоту відповідно.

Висновки. В роботі було проаналізовано основні причини виникнення окиснення в білих столових виноматеріалах. Встановлено, що саме фенольний комплекс є відповідальним за окиснений стан білих столових виноматеріалів. Тому вивчення його якісних та кількісних характеристик є одним із основних способів визначення якості майбутнього вина. Була обрана комбінація антиоксидантів, яка є оптимальною для отримання вин з підвищеними відновними властивостями. Визначено, що комбінації, які містять у своєму складі аскорбінову кислоту є найкращими для набуття винами найкращих якісних показників. Тобто, для отримання білих столових виноматеріалів не окисненого типу, слід використовувати на етапі освітлення суслу такі антиоксиданти: аскорбінову кислоту, танін галовий, Амплі світ та SO_2 .

ЛІТЕРАТУРА

1. Родопуло А. К. Биохимия шампанского производства / Родопуло А. К. — М.: Пищ. пром.-сть, 1967. — 308 с.
2. Пуансо Ф. Энологические танины. Свойства и практическое применение / Пуансо Ф. // *Revue des Oenologues*. — 2000. — № 97. — с. 33—35.
3. *Методы технoхимического контроля в виноделии.* / под ред. В.Г. Гержиковой. — Симферополь: Таврида, 2005 г. — 260 с.
4. Hamatschek J. Extraktion der Polyphenole von der Traubennahme bis zur Abfüllung unter besonderer Berücksichtigung der Entsaftung durch Dekanter / Hamatschek J., Meckler O. // *Mitteilungen Klosterneuburg*. — 1995. — № 3. — P. 75—81.
5. Валуйко Г.Г. Технология виноградных вин / Г.Г. Валуйко— Симферополь: Таврида, 2001. — 624 с.
6. Кишковський З.Н. Химия вина / З.Н.Кишковський, И.М. Скурихин— М.: Агропромиздат, 1988. — 312 с.
7. Скориова Ю. Г. Полифенолы плодов и ягод и формирования цвета продуктов / Ю.Г. Скориова — М.: Пищ. пром.-сть, 1973. — 220 с.
8. Новый подход к оценке окисленности белых столовых виноматериалов / В.Г. Гержикова, И.В.Пескова, ОБ.Ткаченко, Д.Ю.Погорелов// *Виноградарство и виноделие.Сб. науч. тр. НИВиВ «Магарач»*. — 2009. — С.70-73.
9. О критериях ОВ-процессах в белых столовых виноматериалах / В.Н.Гержикова, О.Б.Ткаченко, Д.Ю.Погорелов, О.В.Рябинина, Н.В.Гниломедова // *Виноградарство и виноделие. Сб. науч. тр.* — 2008. — С. 90—93.

Одержана редколегією 08.06.10 р.

О.М. СКАРБОВІЙЧУК, канд. техн. наук, доц.

О.А. ЧЕРНЮШОК, асп.

О.В. КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, доц.

Національний університет харчових технологій

В.Г. ФЕДОРОВ, д-р техн. наук, проф.

Уманський національний університет садівництва

ЗВ'ЯЗОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

За результатами експериментальних досліджень і аналізу літературних даних про залежність теплопровідності води, незбираного молока та молочних вершків різної жирності від температури визначено однозначну функціональну залежність жирності вершків від їх теплопровідності на інтервалі температури від 15 до 40 °С, яка формалізована розрахунковою формулою для її використання при визначенні жирності вершків в технологічних процесах виробництва молочних продуктів.

Ключові слова: теплопровідність вершків, ТФХ, технологічні параметри, емпірична залежність, молочні вершки, молоко незбиране.

По результатам экспериментальных исследований и анализа литературных данных о зависимости теплопроводности воды, цельного молока и молочных сливок различной жирности от температуры определена однозначная функциональная зависимость жирности сливок от их теплопроводности на интервале температуры от 15 до 40 °С, которая формализована расчетной формулой для ее использования при определении жирности сливок в технологических процессах производства молочных продуктов.

Ключевые слова: теплопроводность сливок, ТФХ, технологические параметры, эмпирическая функция, молочные сливки, молоко цельное.

The pilot studies and analysis of published data on the dependence of thermal conductivity of water, whole milk and dairy cream with different fat content on the temperature is uniquely defined functional dependence fat cream from their heat at the temperature range from 15 to 40 °C, which formalized the calculation formula for its use in determining the fat content cream in the production processes of dairy products.

Keywords: conductivity cream, technological parameters, the empirical function, cream, whole milk.

Встановлення залежності теплофізичних характеристик (ТФХ) молочних продуктів (теплоємність, теплопровідність, ентальпія, в'язкість і т. ін.) від технологічних параметрів ТП (жирність, вологість, кислотність, температура і т. ін.) допомагає наблизити до оптимальних розрахунки процесів і апаратів молочної промисловості. Інформація про деякі ТФХ використовується під час проектування, налагодження та експлуатації обладнання як ТП. Наприклад, основні термічні параметри речовини — температура, тиск, об'єм, маса — є одночасно основними ТП молочного виробництва. Іншими прикладами є інтенсивність теплового оброблення сухого молока, яка за стандартом IDF/ ISO 162:1992 оцінюється методом високороздільної рідинної хроматографії [1], а також методи визначення температури та ефективності пастеризації молочних продуктів і сировини на

© О. М. Скарбовійчук, О. А. Чернюшок, О.В. Кочубей-Литвиненко, В. Г. Федоров, 2010

основі інактивації ферментів (пероксидаза, фосфатаза) при певній температурі пастеризації за ГОСТ 3623 — 73 [2].

Ці методи, як і більшість інших способів визначення ТП є досить дорогими та відносно тривалими. Основним недоліком цих методів є неможливість регулювати технологічний процес в режимі «он — лайн» за результатами вимірювання того чи іншого технологічного показника. Пошук експрес — методів визначення ТП, які були б позбавлені цих недоліків, є перспективним та необхідним.

Мета цієї статті — встановлення однозначного зв'язку основної характеристики складу молочних продуктів — жирності J (у масових відсотках) — та якоїсь ТФХ, яку можна визначати за досить короткий час. Існуючі стандартизовані методи визначення жиру — кислотний метод Гербера (ГОСТ 5867 — 90) в молоці та молочних продуктах і консервах — вимагають певної кваліфікації лаборанта (на точність визначення в значній мірі впливає людський фактор) та значних витрат часу і ресурсів [3].

В роботі [4] наведено результати вимірювання ТФХ різних лабільних матеріалів, в тому числі молочних продуктів, теплотричним експрес — методом. За згодою автора ми скористалися даними визначення теплопровідності λ , Вт/(м·К) для знежиреного молока ($J = 0,2\%$) та вершків із $J = 10 — 15\%$, що були вироблені на Київському міськмолзаводі № 1 (наведена назва підприємства, зареєстрована на час проведення дослідів), а також вершків із $J = 40\%$, вироблених на заводі «Бітерфельд» (м. Кьотен, Германія). Усі дослідні дані було узагальнено у вигляді залежності $\lambda = f(J, t)$:

$$\lambda = (0,525 + 0,00135 \cdot t) \cdot (1 - 0,72 \cdot J) + (0,174 - 0,000155 \cdot t) \cdot (1 - 0,72 \cdot J) \cdot J \quad (1)$$

Аналіз графіків з [4], де за аргумент править t , параметром є J , та формули (1) показав, що залежність $\lambda(J)$ є значно виразнішою, ніж $\lambda(t)$, тому поставили задачу знайти умови, за яких залежність $\lambda(J)$ була б наближена до функціонального зв'язку. Для більшої узагальненості до даних із [4] додали залежності теплопровідності від температури $\lambda(t)$: формалізовані дані для води Д.Є. Сінат — Радченка [5]; експериментальні табульовані дані В.М. Пахомова для вершків та молочного жиру вітчизняного виробництва [6]; розрахункову формулу Л. Ріделя (*Riedel L.*) для незбираного молока [7].

Аналіз зібраних графіків $\lambda(t)$ за умови, що J змінюється від 0 до 99% (рис. 1) підтвердив слабкість залежності $\lambda(t)$, а також показав, що ця залежність змінюється із збільшенням J від прямо пропорційної до обернено пропорційної.

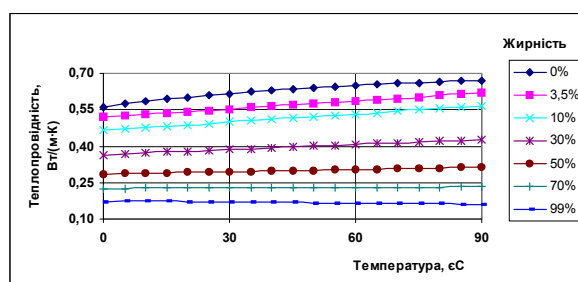


Рис. 1. Залежність теплопровідності води, молока і вершків різної жирності та жирових сумішей від температури

Тому ці дані було перебудовано: за аргумент взято жирність, а за параметр — температуру (рис. 2). Залежність $\lambda(J)$ має експоненціальний характер:

$$\lambda = 0,5966 \cdot \exp(-0,0133 \cdot J) \quad (2)$$

Найбільші відхилення (до $\pm 7,5\%$) експериментальних даних від узагальнюючої, що відповідає рівнянню кривої (2), маємо для води та знежиреного молока, для жирних та, особливо, високо жирних вершків воно різко зменшується. Це дає підставу розв'язати інверсну задачу — поміняти місцями аргумент та функцію (рис. 3).

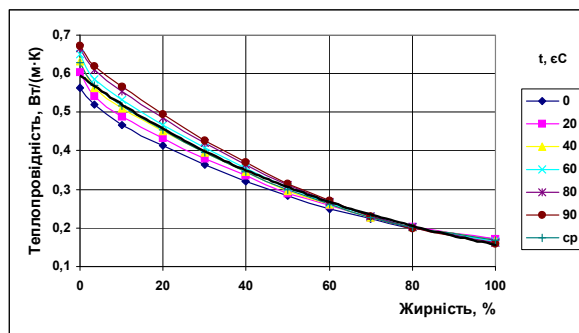


Рис. 2. Залежність теплопровідності води, молока і вершків різної жирності та жирових сумішей від жирності

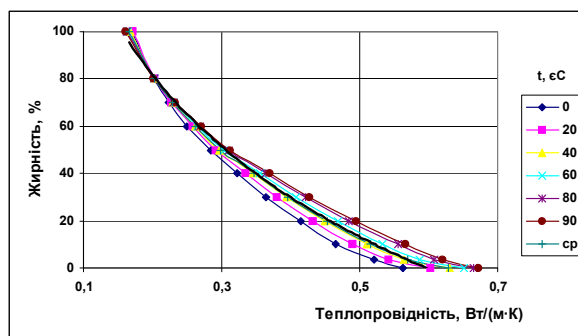


Рис. 3. Залежність жирності води, молока і вершків різної жирності та жирових сумішей від теплопровідності

Узагальнення усіх наявних даних дає логарифмічну залежність:

$$\mathcal{K} = -74,617 \cdot \ln(\lambda) - 38,361 \quad (4)$$

Для наближення до функціонального зв'язку між λ та $\mathcal{K}$ звузили діапазон температур від 0 — 90 °C до 15 — 40 °C — за межі цього діапазону не виходить, наприклад, температура вершків на шляху від збірника до маслоутворювача в процесі поточного виробництва масла. В результаті одержано залежність, яку можна вважати функціональним зв'язком (рис. 4):

$$\mathcal{K} = -77,369 \cdot \ln(\lambda) - 42,732 \quad (5)$$

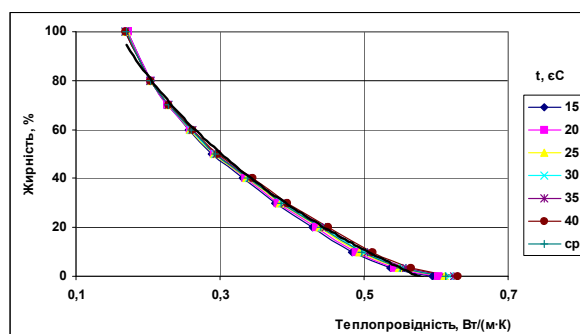


Рис. 4. Залежність жирності вершків від теплопровідності

Висновки. Отримана залежність (5) відкриває можливість визначати жирність широкого спектра молочних продуктів (вершки різної жирності, сметана, вершкове масло, спреди, молочний жир) за величиною теплопровідності λ , величину якої легко визначати теплотетричним експрес — методом. Час визначення λ , при цьому, скорочується від кількох годин до кількох хвилин, зменшуються й фінансові витрати.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Молоко* та молочні продукти. Нормативні документи. — Львів: Леонорм, 2000. Том 3, — с. 294
2. *Молоко* та молочні продукти. Нормативні документи. — Львів: Леонорм, 2000. Том 2, — с. 30—38
3. *Молоко* та молочні продукти. Нормативні документи. — Львів: Леонорм, 2000. Том 2., с. 100—111.
4. *Федорова О.В.* Удосконалення методів дослідження та прогнозування тепломасопереносу в ізоляційних конструкціях. Автореферат канд. техн. наук. К.: КПІ, 1993, 20 с.
5. *Сінат-Радченко Д.Є.* Фізичні властивості води і повітря в умовах роботи підприємств харчової та мікробіологічної промисловості. — К.: УДУХТ, 2000. — 23 с.
6. *Пахомов В.Н.* Разработка приборов и комплексное исследование теплофизических характеристик лабильных материалов. Автореферат канд. техн. наук. К.: ИТТФ АН УССР, 1980, 21 с.
7. *Riedel L.* Wdrmeleitfahigkeitsmessungen an Zuckerlcsungen, Fruchtstdften und Milch. — “Chemie — Ingenieur — Technik”, v. 21, 1949, 17/18, S. 340-342.
8. *Гуляєв-Зайцев С.С.* Физико—химические основы производства масла из високожирных сливок. — М.: Пищевая промышленность, 1974.— 132 с.

Одержана редколегією 10.09.2010 р.

В.М. КОШОВА, канд. техн. наук

І.О. ЧЕРНЯК, магістр

Національний університет харчових технологій

ЕНЕРГЕТИЧНІ НАПОЇ З НОВИМИ СМАКОВИМИ ДОБАВКАМИ

Досліджені різні смакові добавки, підібрані їх дози для приготування енергетичних напоїв.

Ключові слова: смакова добавка, енергетичний напій, вітаміни, гуарана.

Исследованы различные вкусовые добавки, подобранные их дозы для приготовления энергетических напитков.

Ключевые слова: вкусовая добавка, энергетический напиток, витамины, гуарана.

Different flavor additives, their dose selected for the preparation of energy drinks.

Keywords: flavoring additive, energy drink, vitamins, guarana.

Енергетичні напої — досить недавній винахід людства, хоча їх інгредієнти вже давно використовуються для стимуляції нервової системи.

На сьогоднішній день популярність енергетичних напоїв постійно зростає. Такі напої обіцяють нам дуже багато що: збільшити швидкість реакції, підняти настрій і підвищити фізичну витривалість. Дія енергетичних напоїв триває в середньому 3—4 години. На смак енергетичні напої практично не відрізняються від звичайних газованих напоїв [1, 3]. До складу більшості подібних напоїв входять вуглеводи, амінокислоти, вітаміни і мінерали, продукти рослинного походження і кофеїн. Вуглеводи заряджають енергію, вітаміни (найчастіше в таких напоях присутні вітаміни А, D, і В₁ (тіамін), В₂ (рибофлавін), В₃ (ніацин) В₆ (піридоксин), які активізують роботу м'язів, кофеїн, як відомо, бадьорить, а продукти рослинного походження (гуарана, бджолиний пилок, женьшень) також заряджають енергію.

Енергетичні напої різних марок відрізняються між собою лише смаком, а набір складових у них майже однаковий. Для виготовлення напоїв виробники найчастіше використовують таурин. Це амінокислота, яка загалом потрібна людині. Вона знижує рівень холестерину і цукру в крові, знімає стрес і заряджає енергією. Білий кристалічний порошок добре розчинний у воді. Молекула таурина містить сульфогрупу SO₃H і основну аміногрупу NH₂. Ця речовина необхідна людині для того, аби регулювати свій стан у стресових ситуаціях, захищати серцево-судинну систему від надмірного збудження.

Енергетичні напої, які ще називають тонізуючими, складаються [5] з давно відомих медицині компонентів. Це перш за все кофеїн, який виступає як стимулятор життєвих сил. Рідше зустрічаються женьшень і гуарана, яка по суті є джерелом кофеїну. Цей ефект звільнення енергії стає можливим завдяки іншим інгредієнтам. І насамперед кофеїну, який тонізує та бадьорить організм. Він вже достатньо добре вивчений фахівцями, адже він входить до складу багатьох продуктів, які ми вживаємо щодня. Це кава, чай, кока - кола, чорний та молочний шоколад. Кофеїн діє як м'який стимулятор на центральну нервову систему та серцево-судинну систему і таким чином знімає фізичну перевтому та підвищує працездатність. У 2004 році кофеїн видалено зі всесвітнього списку наркотичних речовин і визнано звичайними стимуляторами [6].

Недостатність вітаміну В₆ [6] призводить до порушень з боку центральної нервової системи (дратівливість, сонливість периферичні поліневрити), ураження шкіряних покривів та слизових оболонок.

При глибокому дефіциті ніацину (вітаміну РР) розвивається пелагра — тяжке захворювання з ураженням шлунково-кишкового тракту, шкіри, центральної та периферичної нервової системи.

Нестача вітаміну В₁₂ [4] призводить до важких порушень процесів кровотворення, ураження нервової системи та органів травлення.

Пантотенова кислота застосовується для профілактики і лікування її недостатності, особливо при порушеннях її всмоктування і засвоєння. Крім того, пантотенова кислота застосовується при поліневритах, невралгіях, дерматитах, токсикозах вагітності.

Гуаран — тропічний чагарник, який росте в Бразилії, Венесуелі. Його листя широко застосовується в медицині (виводить з м'язових тканин молочну кислоту, зменшуючи біль при фізичних навантаженнях, перешкоджає виникненню атеросклерозу й очищає печінку). Кофеїн, який міститься в гуарані, за лічені секунди розбуркає будь-якого сонька і підвищить працездатність.

Насправді енергетичний напій не містить в собі жодної енергії, досить уважно почитати етикетку, але результат досягається за рахунок вивільнення енергії, яку щедро накопичив про чорний день наш організм. Отже, узявши у борг сил більше у організму, рано чи пізно вам доведеться його віддавати.

Вітаміни [2,7], що містяться в енергетиках, не можуть замінити мультивітамінний комплекс. Люди які мають проблеми з тиском чи серцем, повинні уникати цих напоїв. Кофеїн, що міститься в тоніках як і всякий стимулюючий препарат виснажує нервову систему. Ефект від нього триває в середньому від трьох до п'яти годин. Крім того кофеїн викликає привикання.

У вашому житті може наступити момент, коли ви відчуєте необхідність випити банку енергетика. У такому разі ознайомтеся з правилами вживання, щоб не завдати своєму організму шкоди.

Метою даної роботи було удосконалення технології енергетичних напоїв з використанням натуральної сировини, за умови внесення різних смакових добавок (СД), в різних кількостях та вдосконалення технології енергетичних напоїв, шляхом застосування смакової добавки з вмістом соку зменшення дози кофеїну.

Задачами даної роботи було:

підібрати смакові добавки, що використовуються з метою удосконалення технології енергетичних напоїв;

встановити оптимальні дози внесення смакових добавок;

встановити оптимальні дози внесення смакових добавок.

Для цього нами були обрані наступні смакові добавки закордонного виробництва:

Арома-Лісові ягоди, — смакова добавка, яка надає енергетичному напою яскравий присмак лісових ягід.

Арома-Апельсин, — смакова добавка, з вираженим смаком апельсину.

Арома-Гуава-Грейфрут, — смакова добавка з вмістом цього соку 5 %, що надає екстравагантний присмак енергетичному напою.

Для досягнення поставленої мети були проведені дослідження у лабораторних і виробничих умовах.

Як контроль використовувався енергетичний напій, в який смакові добавки не вводилися.

Були підібрані оптимальні дози смакових добавок, які вводилися згідно рекомендованих доз (встановлених інструкцією), з рівноважним відхиленням в меншу та більшу сторону. Дані досліджень наведені в табл. 1, 2, 3.

Як видно з таблиці 1, що напій із смаковою добавкою Арома — Лісові ягоди суттєво змінив показники відносно контрольного напою, в який смакова добавка не задавалася. А саме ми бачимо різке підвищення значень по вмісту сухих речовин у експериментальних напоях, питома вага, кислотність, рН у значеннях різкого переходу не мали, вони збільшувались поступово. Щодо дегустаційної оцінки, то найкращим експериментальним зразком виявився напій з вмістом смакової добавки 10,0г.

ТЕХНОЛОГІЯ

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники напою зі смаковою добавкою Арома — Лісові ягоди

Показники	Напій «Енергія», контроль	Смакова добавка Арома — Лісові ягоди		
		9,8 г/дм ³	10,0 г/дм ³	10,2 г/дм ³
Вміст сухих речовин, %	11,37	11,75	11,83	11,89
Питома вага, г/дм ³	1,0411	1,0451	1,0457	1,0469
Кислотність, 1моль/дм ³ *100см ³	7,30	7,90	8,00	8,15
pH, потенціометрично	2,89	3,00	3,04	3,10
Дегустаційна оцінка, бали	20,5 (кислуватий присмак напою)	21,6 (хороший аромат)	24,5 (хороший смак і аромат)	22,0 (кислуватий присмак)

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники напою зі смаковою добавкою Арома — Гуава-грейфрут

Показники	Напій «Енергія», контроль	Смакова добавка Арома — Гуава-грейфрут		
		1,4 г/дм ³	1,6 г/дм ³	1,8 г/дм ³
Вміст сухих речовин, %	11,37	11,69	11,74	11,81
Питома вага, г/дм ³	1,0411	1,0449	1,0453	1,0462
Кислотність, 1моль/дм ³ *100 см ³	7,30	8,20	8,50	8,75
pH, потенціометрично	2,89	2,99	3,02	3,06
Дегустаційна оцінка, бали	20,5 (кислуватий присмак напою)	20,9 (пустуватий присмак)	22,8 (характерний б/а напоям)	21,2 (гіркуватий смак)

Як видно з таблиці 2, що напій із смаковою добавкою Арома — Гуава-грейфрут суттєво змінив показники відносно контрольного напою, в який смакова добавка не задавалася. А саме ми бачимо як різко змінилось значення кислотності у експериментальних напоях, вміст сухих речовин, питома вага, pH різкого переходу значень не мали. Щодо дегустаційної оцінки, то найкращим експериментальним зразком виявився напій з вмістом смакової добавки 1,6 г.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники напою зі смаковою добавкою Арома — Апельсин

Показники	Напій «Енергія», контроль	Смакова добавка Арома — Апельсин		
		13,8 г/дм ³	14,0 г/дм ³	14,2 г/дм ³
Вміст сухих речовин, %	11,37	11,53	11,58	11,70
Питома вага, г/дм ³	1,0411	1,0441	1,0447	1,0451
Кислотність, 1моль/дм ³ *100 см ³	7,30	7,40	7,45	7,55
pH, потенціометрично	2,89	3,00	3,03	3,08
Дегустаційна оцінка, бали	20,5 (кислуватий присмак напою)	20,2 (не має аромату)	20,9 (пустуватий смак)	21,9 (кислуватий смак)

ТЕХНОЛОГІЯ

Як видно з таблиці 3 напій із смаковою добавкою Арома — Апельсин суттєво змінив показники відносно контрольного напою, в який смакова добавка не задавалася. А саме ми бачимо як змінилось значення вмісту сухих речовин і питомої ваги у експериментальних напоях, кислотність, рН різкого переходу значень не мали. Щодо дегустаційної оцінки, то найкращим експериментальним зразком виявився напій з вмістом смакової добавки 14,2 г.

В результаті всіх проведених досліджень і дегустаційної оцінки, ми можемо зробити висновок, що найкращою, із вище наведених смакових добавок є Арома — Лісові ягоди, яка задавалася в кількості 10,0 г до експериментованого напою.

Подальші дослідження проводились тільки із смаковою добавкою Арома — Лісові ягоди.

Висновки. Використання при виробництві напою смакової добавки Арома — Лісові ягоди з метою удосконалення технології виготовлення енергетичних напоїв, перш за все, дає соціальний ефект, а саме: можливість розширення ринку збуту (включаючи експорт), збільшення обсягів випуску продукції, підвищення зацікавленості кінцевого споживача; В результаті впровадження смакової добавки виробнича собівартість знижується на 1 %. Енергетичні напої не бажано вживати дітям і людям похилого віку.

ЛІТЕРАТУРА

1. *А.І. Варфоломеев, І.І. Сторіжко.* Удосконалення технології газованих напоїв. — Кам'янець-Подільський: «Абетка-НОВА», 2001. — с. 12—14.
2. *Спиричев В.Б., Коденцова В.М., Вржесинская О.А.* и др. Методы оценки витаминной обеспеченности населения: Учеб.-метод. Пособие. — М., 2001. — 70 с.
3. *Тихомиров В.Г.* Технология пивоваренного и безалкогольного производств. — М.: Колос, 1998. — 137 с.
4. *Шатнюк Л.Н., Спиричев В.Б.* Соки и напитки как источник витаминов в питании человека // *Вопр. питания.* — 1999. — 68. — №2. — с. 5—11.
5. *Шуманн Г.* Безалкогольные напитки: сырье, технологии, нормативы / под общ. науч. ред. А.В. Орещенко и Л.Н. Беневолежкой. — СПб.: Прифессия, 2004. — 278 с.
6. *Експертиза напунков.* / Под редакцией проф. Позняковского В.М. — Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2001. — 384 с.
7. *Vitamine Physiologie, Pathophysiologie, Therapie* // Inhibitory effect of selenium on complement activation and its clinical significance // *Chung Hua I Hsueh Tsa.* — 1993. — 73. — p. 645—699.

Одержана редколегією 25.09.2010 р.

А.В. Згурський, асп.

Г.Є. Поліщук, канд. техн. наук, доц.

І.О. Крапивницька, канд. техн. наук, доц.

Національний університет харчових технологій

ПЕРЕРОЗПОДІЛ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН В ОВОЧЕВІЙ СИРОВИНІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МОРОЗИВА

В статті наведено результати досліджень щодо загального вмісту пектинових речовин у сировині з гарбуза та впливу механічного й теплового оброблення на деструкцію протопектину. Встановлено ступінь та характер подібної деструкції для різних видів сировини з гарбуза. Доведено можливість одержання морозива молочно-овочового та овочового з нормативними показниками без додаткового внесення стабілізаторів.

Ключові слова: гарбуз, порошок з гарбуза, пектинові речовини, деструкція, стабілізація.

В статье представлены результаты исследований общего содержания пектиновых веществ в сырье из тыквы и влияния механической и тепловой обработки на деструкцию протопектина. Установлена степень и характер данной деструкции для разных видов сырья из тыквы. Доказана возможность получения мороженого молочно-овощного и овощного с нормативными показателями без дополнительного внесения стабилизаторов.

Ключевые слова: тыква, порошок из тыквы, пектиновые вещества, деструкция, стабилизация

This article is dedicated to results of studying of total pectin's amount in raw pumpkin as well as the influence of mechanical and thermal processing on the destruction of protopectin. The rate and character of this destruction applied for different types of pumpkin's material have been established.

Evidences have been found that the production of milk-vegetable or vegetable ice-cream with standard quality is possible although a stabilizer has not been used.

Key words: pumpkin, pumpkin powder, pectin's substances, destruction, stabilization.

Сучасний стан питання.

В останні роки особливою популярністю серед споживачів користується група структурованих десертних продуктів на молочній основі (морозиво, муси, креми, самбуки та ін.). Подібні харчові системи потребують обов'язкового вмісту стабілізаторів та стабілізаційних систем: крохмалів, камедей, пектинів, білків, сульфатованих полісахаридів й ін. та їх композиційних сумішей. Це зумовлює, з одного боку, підвищення собівартості готового продукту, оскільки більшість з подібних харчових добавок не виробляють вітчизняні підприємства, а з іншого, такі сполуки та їх суміші, здебільшого, не впливають на формування харчової та біологічної цінності готової продукції.

Стабілізуючого ефекту у харчових системах можна досягти також шляхом розроблення технологій комбінованих молочних продуктів із застосуванням рослинної сировини, яка містить функціонально-технологічні компоненти, зокрема полісахариди. Це дозволить, по-перше,

розширити асортимент структурованої продукції на основі виключно природних інгредієнтів, а по-друге, задовольнити потребу організму в мікро- та макронутрієнтах [1].

Враховуючи вищезазначене та спираючись на раніше проведені дослідження [2], автори вважають, що перспективним напрямом у технології морозива є використання у якості стабілізаційного та збагачувального компоненту сировини з гарбуза. Для досліджень було обрано гарбуз сорту Мускатний, який відрізняється високим вмістом каротиноїдів, пектинових речовин та має стабільну, високу урожайність географічних регіонах України [3].

Гарбуз свіжий вказаного сорту містить 8...14 % сухих речовин залежно від пори року та способу зберігання, що відповідає вимогам ДСТУ 3190-95 "Гарбузи продовольчі свіжі. Технічні умови". Враховуючи, що гарбуз є сезонною сировиною з високим вмістом води та зберігання якого у свіжому вигляді протягом тривалого часу потребує додаткових площ та енерговитрат, окрім гарбуза свіжого авторами було також запропоновано як альтернативний вид овочевої сировини порошок з гарбуза, отриманий за допомогою конвективно-вакуумного сушіння, масова частка вологи якого становить 6...8 % відповідно до ТУ У 15.3-05417118.024-2002.

Авторами попередньо було досліджено кількість вільної та зв'язаної води в системах "вода-гарбуз" та "молочна суміш-гарбуз" й вплив режимів теплового та механічного оброблення на перерозподіл води за формами зв'язку у вказаних системах для підтвердження можливості використання гарбуза як структуроутворюючого компоненту у виробництві морозива порівняно з традиційними стабілізаційними системами [2].

Метою науково-дослідної роботи є дослідження впливу теплового та механічного оброблення на перерозподіл за масовою часткою між протопектином (ПП) та розчинним пектином (РП), а також на загальний вміст пектину та ступінь його етерифікації для обґрунтування раціональних технологічних режимів оброблення овочевих та молочно-овочевих сумішей. Проведені дослідження дозволять удосконалити технологію та розширити асортиментний ряд молочно-овочевого та овочевого морозива.

Завдання досліджень: визначити кількість протопектину та розчинного пектину у сировині з гарбуза; дослідити вплив теплового та механічного оброблення на перерозподіл вмісту протопектину і розчинного пектину та на ступінь його етерифікації у межах загальноприйнятих у виробництві морозива режимів.

Методи досліджень. Вивчення ступеню переходу ПП в РП та ступінь етерифікації пектину проводили згідно з методикою викладеною в [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В процесі перероблення рослинну сировину піддають механічному та тепловому обробленню, при цьому, залежно від режимів попереднього оброблення, температуру задають на рівні від 70...85 °С до 96 °С тривалістю від декількох секунд до 15 хв [5]. Спосіб оброблення рослинної сировини обирають залежно від фізичного стану сировини (свіжа або висушена), її виду (плоди, овочі, листя та ін.) та виду кінцевого цільового продукту (джеми, морозиво, муси, тощо).

З літературних джерел відомо, що структура плодовоовочевої маси пов'язана з анатомічними особливостями рослинної тканини та зі складом стінок клітин [6]. У зв'язку з цим технологічні властивості пектиновмісних продуктів залежать від розчинності пектинових речовин та їх загального вмісту. Чим вища розчинність останніх, тим більша в'язкість водних розчинів та, здебільшого, здатність до структуроутворення. Тому вивчення умов переходу ПР в його розчинну форму має важливе технологічне значення.

При тепловому обробленні рослинної сировини структура гелів пектинових речовин руйнується, причому ступінь руйнування залежить від розчинності продуктів деструкції. Ті з них, які містять вільні і неіонізовані залишки галактуранової кислоти є нерозчинними, а продукти деструкції з метоксильованими та іонізованими залишками галактуранової кислоти розчинні. Деструкція пектинових речовин і геміцелюлоз при тепловому обробленні овочів призводить до порушення всього каркасу гелю матрикса стінок клітковини.

Процес гідролізу протопектину залежить не тільки від його природи, температури, часу оброблення, а й від рН середовища. Так, науковцями Одеської національної академії харчових технологій [6] було встановлено, що ступінь переходу ПП у РП найбільший при рН середовища 3 та 6, хоча також відомо, що найбільший перехід протопектину у пектин відбувається при значеннях рН 1,5...2,1. В рослинній тканині плодово-ягідної сировини цей показник може становити

ТЕХНОЛОГІЯ

2,8—3,2 за рахунок власних кислот, але в овочевій сировині, де рН становить 5,8—6,5 (протопектин активно не переходить у розчинну форму) [5].

Враховуючи вищевикладене, очевидно є необхідність детального вивчення ступеню переходу ПР в розчинну його форму в технології морозива овочевого та молочно-овочевого із застосуванням сировини з гарбуза. Це надасть можливість пояснити з наукової точки зору попередньо встановлений авторами ефект суттєвого підвищення стабілізуючого ефекту після теплового та механічного оброблення овочевих та молочно-овочевих сумішей у межах класичних технологічних режимів, прийнятих в технології морозива.

Організація проведення досліджень. Режими гідротермічного оброблення обрано з врахуванням загальноприйнятих технологічних режимів при виробництві морозива [7]. Так, для періодичного та безперервного способів теплового оброблення сумішей морозива прийнято 2 режими:

- 70 °С протягом 30 хв;
- 85 °С протягом 5 хв.

Найбільш раціональним режимом теплового оброблення з точки зору фізичного впливу на овочеву сировину є температура 85 °С протягом 5 хв, оскільки відомо, що процес бланшування при температурі більше 80 °С призводить до інактивації ферментів і перешкоджає ферментативному потемнінню. При підвищенні ж температури понад 90 °С проходить термічна деструкція пектинових речовин, знижується інтенсивність переходу розчиненого пектину з клітин в розчин, знижуються дифузійні властивості рослинної тканини. Результатом цього є зменшення молекулярної маси пектину, зміна ступеню його етерифікації, який в свою чергу впливає на його фізико-хімічні показники [8]. Саме тому підвищення температури теплового оброблення понад 90 °С або її зниження нижче 80 °С недоцільне.

У технологіях пектину та пектиновмісних продуктів подрібнення сировини після бланшування дозволяє збільшити швидкість переходу протопектину у пектин і підвищити ступінь вилучення пектину за рахунок інтенсифікації процесу екстрагування та впливу температури. Тому у даній науковій роботі автори також приділили увагу вивченню впливу різного ступеню механічного оброблення сировини з гарбуза сумісно з тепловим на ступінь деструкції протопектину.

Так, свіжу м'якоть гарбуза подрібнювали спочатку до крупнодисперсного стану за допомогою лабораторного подрібнювача до розмірів часточок, що не перевищують 3 мм, а потім до дрібнодисперсного стану за допомогою гомогенізатора клапанного типу марки "APV" (Великобританія) до розмірів часточок не більше за 100 мкм. Гомогенізацію проводили двоступенєво при заданому тиску: на першому ступені — 12,5 МПа, на другому — 2,5 МПа. Обраний режим гомогенізації є загальноприйнятим як для технологій овочевих соків з м'якоттю, так і для сумішей морозива [7, 9].

З врахуванням вищевказаного, для проведення досліджень було обрано наступні об'єкти, номери зразків яких відображено нижче та в таблиці:

Свіжа м'якоть гарбуза .

1. М'якоть гарбуза після крупнодисперсного подрібнення ;
 2. М'якоть після крупнодисперсного подрібнення та теплового оброблення за температури 70 °С протягом 30 хв;
 3. М'якоть після крупнодисперсного подрібнення, теплового оброблення за температури 70 °С протягом 30 хв та гомогенізації;
 4. М'якоть після теплового оброблення за температури 85 °С протягом 5 хв;
 5. М'якоть після теплового оброблення за температури 85 °С протягом 5 хв та гомогенізації.
- Порошок з гарбуза:
6. Порошок з гарбуза, відновлений за температури 40 °С протягом 30 хв;
 7. Відновлений порошок з гарбуза після теплового оброблення за температури 70 °С протягом 30 хв;
 8. Відновлений порошок з гарбуза після теплового оброблення за температури 70 °С протягом 30 хв та гомогенізації;
 9. Відновлений порошок з гарбуза після теплового оброблення за температури 85 °С протягом 5 хв;
 10. Відновлений порошок з гарбуза після теплового оброблення за температури 85 °С протягом 5 хв та гомогенізації.

Вміст пектинових речовин у вказаних зразках, ступінь етерифікації пектину, вміст зв'язаної води, попередньо визначеної методом диференційно скануючої калориметрії, та їх активну кислотність наведено у табл.

Фізико-хімічні показники сировини з гарбуза за різних режимів теплового та механічного оброблення

Номер зразка	Кислотність, pH	Вміст пектину, % на 100 г сухих речовин			Ступінь етерифікації, %	Вміст зв'язаної води, г / г сухих речовин
		Загальний вміст пектинових речовин	РП	ПП		
1	6,50±0,18	12,91±0,32	4,59±0,12	8,32±0,21	59,0±1,50	1,012±0,020
2	6,30±0,15	12,90±0,33	4,57±0,11	8,23±0,20	57,7±1,48	1,003±0,021
3	6,30±0,12	12,89±0,34	4,61±0,10	8,28±0,21	56,8±1,41	1,051±0,019
4	6,25±0,13	12,00±0,32	5,0±0,12	7,0±0,20	53,2±1,40	1,216±0,018
5	6,25±0,16	11,80±0,30	5,2±0,14	6,6±0,19	53,0±1,45	1,225±0,019
6	6,25±0,11	9,86±0,32	5,55±0,12	4,31±0,11	43,6±1,39	0,999±0,018
7	6,20±0,13	9,86±0,32	5,53±0,13	4,33±0,12	43,6±1,35	0,989±0,020
8	6,20±0,12	9,86±0,34	5,57±0,15	4,29±0,10	43,6±1,37	1,051±0,015
9	6,15±0,11	9,45±0,32	5,60±0,12	3,85±0,10	43,0±1,32	1,143±0,012
10	6,15±0,12	9,35±0,32	5,65±0,13	3,7±0,09	43,0±1,35	1,197±0,015

За одержаними результатами досліджень загальний вміст пектинових речовин для кожного виду рослинної сировини зменшується не суттєво. Так, для свіжої м'якоти гарбуза це значення знижується на 1,11 %, а для порошку з гарбуза — на 0,51 %, при цьому кількість пектину збільшується на 0,61 та 0,1 % відповідно. Це свідчить про результат попереднього термічного впливу на полісахариди м'якоти гарбуза при сушінні: деструкцію макромолекул пектину на розгалужених ділянках — відщеплення ланцюгів нейтральних полісахаридів арабанів та галактанів й переходу залишків молекулярного ланцюга гомогалактуронана у розчин [10].

Згідно з даними таблиці було розраховано вміст РП у відсотках від загального вмісту пектинових речовин у кожному досліджуваному зразку та побудовано діаграму, наведену на рис. 1.

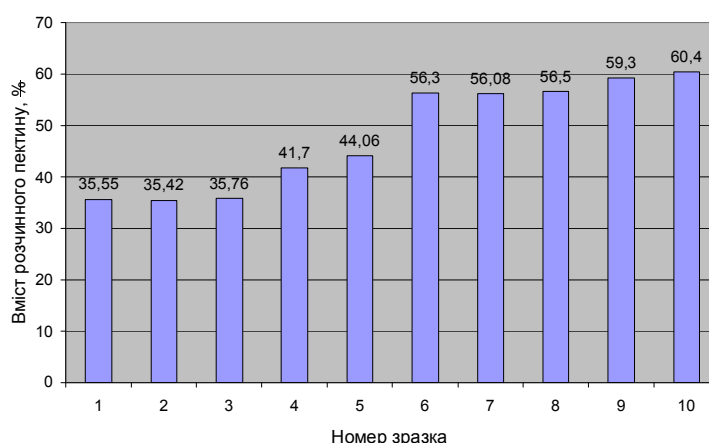


Рис. 1. Вміст пектину у гарбузі за різного ступеню оброблення

ТЕХНОЛОГІЯ

Відповідно до рис. 1 очевидним є те, що вміст пектину відносно загального вмісту пектинових речовин у свіжому гарбузі нижчий у порівнянні з порошком. Так, на початкових стадіях оброблення (зразки 1, 2, 3 та 6, 7, 8) вміст пектину змінюється незначно і становить для свіжого гарбуза 35,42...35,76 %, а для порошку з гарбуза 56,08...56,50 %.

Суттєвіше збільшення вмісту пектину слід відмітити після теплового оброблення при температурі 85 °С та після гомогенізації (до 44,06 % та до 60,4 %), причому ступінь впливу ефективніша для зразку зі свіжого гарбуза — приблизно у 2 рази. Співвідношення ж між пектином та протопектином у порошку приблизно у 1,6 разів більше, ніж для такого у свіжому гарбузі. Вказаний ефект можна пояснити тим, що м'якоть свіжого гарбуза в процесі сушіння зазнає значних змін, під час яких попередньо вже відбулася часткова деструкція протопектину.

Згідно з даними таблиці було також побудовано залежності питомого вмісту зв'язаної води від кількості пектину у системах з свіжою м'якоттю гарбуза (рис. 2) та з порошком гарбуза (рис. 3).

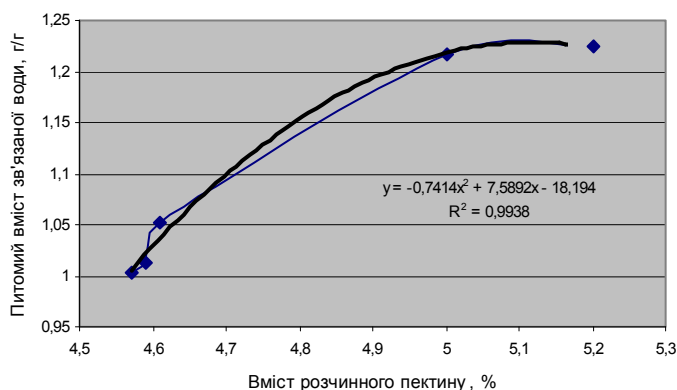


Рис. 2. Залежність питомого вмісту зв'язаної води від кількості пектину у системах зі свіжим гарбузом

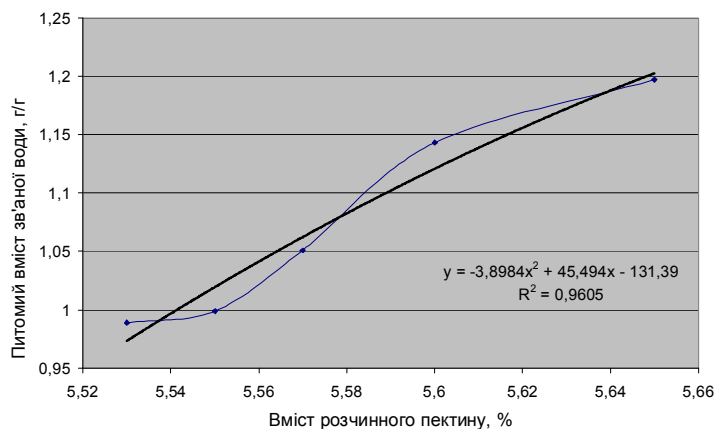


Рис. 3. Залежність питомого вмісту зв'язаної води від кількості пектину у системах з порошок гарбуза

Отже, питомий вміст зв'язаної води у досліджуваних системах корелюється, у першу чергу, з вмістом пектину і його зміни можуть бути описані поліномами третього ступеню. Таким чином, доведено, що найсуттєвіший вплив на ступінь зв'язування води чинить саме розчинний пектин.

Отримані результати досліджень мають практичне значення, оскільки доведено можливість підвищення вмісту розчинного пектину у пектиновмісній овочевій сировини за

рахунок її попереднього теплового та механічного оброблення. Обрані технологічні режими є загальноприйнятими у виробництві морозива, тому активізація стабілізуючої дії гарбузової сировини не вимагатиме додаткових і не властивих традиційній технології режимів та операцій.

На основі отриманих результатів досліджень було проведено контрольні виробки морозива молочно-овочевого та овочевого у напівпромислових умовах на фризери періодичної дії та попередньо доведено, що збитість, опір до танення та дисперсність повітряної фази нових видів морозива не поступаються таким для морозива класичних видів. Звідси очевидно є необхідність проведення подальших досліджень для вивчення як структуроутворювальної та стабілізуючої дії пектинових речовин гарбуза, так і впливу різного ступеня метоксилування пектину гарбуза свіжого та порошку з гарбуза на фізико-хімічні показники молочно-овочевих сумішей та морозива.

Висновки. 1. Теплове та механічне оброблення свіжого гарбуза при температурі 70 °С практично не призводить до теплової деструкції протопектину. 2. Значних змін зазнає свіжа м'якоть гарбуза в процесі сушіння. За рахунок теплової деструкції у порошок з гарбуза зменшується загальна кількість пектинових речовин та змінюється співвідношення між їх фракціями. При цьому кількість водорозчинного пектину збільшується з 4,57 % до 5,52 % при одночасному зменшенні вмісту протопектину на 4,03 %. 3. Під дією теплового оброблення відбуваються суттєві зміни в складній структурі протопектину, що викликає його часткове деметоксилування та розривання міжклітинних, глікозидних і міжмолекулярних зв'язків. В результаті ступінь етерифікації полісахаридів для свіжої м'якості гарбуза зменшується з 59,0 до 53,0 %, а для порошку з гарбуза — до 43,6 %. 4. Вміст зв'язаної води у досліджуваних системах знаходиться у поліноміальній залежності від вмісту розчинних пектинових речовин для різних видів сировини з гарбуза. 5. Для практичного застосування можна рекомендувати як свіжу м'якоть гарбуза, так і порошок з гарбуза. Останній вид сировини є дещо ефективнішим внаслідок більшого вмісту розчинного пектину та нижчого ступеню його метоксилування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Артемова Е.Н.* Научные основы пенообразования и эмульгирования в технологии пищевых продуктов с растительными добавками [Текст]: Дис. д-ра техн. наук: СПб.: 1999. — 372 с.
2. *Поліщук Г.Є., Згурський А.В., Михайлик В.А., Парняков О.С.* Вплив режимів термомеханічного оброблення на стан води в рослинній сировині та молочно-рослинних сумішах
3. *Федорова Л.В., Немченко И.И.* Овощной подкомплекс АПК: состояние, проблемы, резервы. — К.: — Урожай, 1987. — 168 с.
4. ГОСТ 29059-91 Продукты переработки плодов и овощей. Методы визначення пектинових речовин.
5. *Гнатенко М.А.* Розробка технології пектинових екстрактів та способу їх сушіння [Текст]: Дис. канд. техн. наук : 05.18.05. Київ.: 2002. — 165 с.
6. *Білоусова І.О., Сапожнікова Н.Ю., Нікітіна Т.І.* Дослідження технологічних властивостей пектиновмісної сировини, як добавки для кондитерських виробів і консервної продукції // Харчова наука і технологія. — 2009. — №1(6). — С. 62—64.
7. *Типова технологічна інструкція ТП 31748658-1-2007 до ДСТУ 4733:2007, 4734:2007, 4735:2007.*
8. *Муминов Н.Ш.* Технология пектиновых и сахаристых веществ на основе хлопковой створы и стеблей сахарного сорго [Текст]: Дис. док. техн. наук. Ташкент.:1998 - 232 с.
9. *Флауменбаум Б.Л., Кротов Є.Г., Загібалов О.Ф., та ін.* Технологія консервування: плодів, овочів, м'яса і риби — Одеса.: 1995. — С. 152—153.
10. *Алтуньян М.К.* Кинетика деструкции полисахаридов в процессе получения пектина. — Автореф. канд. техн. наук. Краснодар.: 1988. — 25 с.

Одержана редколлегією 01.10.2010 р.

І.І. КИШЕНЬКО, канд. тех. наук, доц.
Національний університет харчових технологій

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ МОДЕЛЬНИХ М'ЯСНИХ СИСТЕМ

Встановлено особливості впливу на процес гелеутворення білкового стабілізатору з колагеновмісної сировини таких гідроколоїдів як: напівочищений каппа карагенан, камедь дерева тара та камедь ксантана. Виявлено їх позитивний вплив на міцність гелю та їх синергетичну взаємодію між собою.

Ключові слова: солені м'ясні вироби, білковий стабілізатор, гідроколоїди, міцність гелю.

Определены особенности влияния на процесс гелеобразования белкового стабилизатора с коллагеносодержащего сырья и таких гидроколлоидов как полуочищенный карагенан, камедь дерева тара и камедь ксантана. Установлено их положительное влияние на прочность геля и синергетическое воздействие между собой.

Ключевые слова: соленые мясные продукты, белковый стабилизатор, гидроколлоиды, прочность геля.

Specific action of some influence on the process creating gel protein stabilizer from collagen raw, kind of hydrocolloid: kappa karagenan, kamed from tara and santana tries. Find they positive influence on the strength of gel and they synergic pollution.

Kies words: salt meat production, protein stabilization, hydrocolloids, strength of gel.

Найважливішим завданням м'ясної промисловості є випуск продуктів високої харчової та біологічної цінності. Актуальність первинної задачі значно зросла в зв'язку з падінням за останнє десятиріччя поголів'я худоби та зниженням внаслідок цього виробництва м'яса в Україні. В умовах обмеження м'ясних ресурсів при вирішенні поставлених задач суттєво підвищується роль вторинної, в тому числі колагеновмісної сировини. Одним з видів ресурсної колагеновмісної сировини є свиняча шкурка, що складає 3—8 % від маси свинини, що переробляється промисловістю. Свиняча шкурка вирізняється високим вмістом білка колагену, що важко засвоюється, та є дефіцитним за всіма незамінними амінокислотами[1]. Специфічні властивості колагену диктують необхідність попередньої обробки свинячої шкурки для зниження її високої міцності та покращення функціональних властивостей, а отримання білкового стабілізатора з цієї сировини дозволить покращити функціонально-технологічні властивості м'ясних систем. Нами була запропонована технологія отримання білкового стабілізатору шляхом механічної і гідротермічної обробки колагеновмісної сировини з послідовним сушінням.

Для отримання стабільних структур м'ясних систем при переробці м'ясної сировини низької якості, сучасна технологія, як наука, передбачає введення до їх складу речовин, що стабілізують структуру та доповнюють дію м'ясних білків.

Для гелеутворюючих структур найважливішим показником якості є міцність гелю. Цей показник безпосередньо пов'язаний зі здатністю утримувати воду у вигляді гелю та надавати готовому продукту щільну, однорідну текстуру, а також, зі здатністю до нарізання цільно-м'язевих шинкових виробів та ковбас. Він залежить від наступних параметрів: концентрації гелеутворювача, сольового складу розчинника в якому готується гелю (іони які обумовлюють

жорсткість води, хлорид натрію або калію, буферні солі та ін.), умов приготування гелю (температура і тривалість зберігання), умов проведення вимірювань міцності (розмір та форма індикатора та глибина penetрації, геометричні розміри гелю, температура випробувань).

Метою наших досліджень було вивчення впливу білкового стабілізатора на міцність гелю та вивчення взаємодії між білковим стабілізатором та напівочищеним карагенаном, камедью дерева тара та камедью ксантана. Міцність гелю визначалась, як зусилля необхідне для руйнування гелю при його penetрації циліндричним індикатором, який деформує гелі з постійною швидкістю.

Показник міцності гелю вимірювали за допомогою аналізатора текстури (виробництва Данія). Важливим моментом при визначенні міцності гелів є підготовка проб та умови проведення випробувань, які враховують вид та склад продукту, а також технологічні режими його отримання.

Особливість даного метода полягає в тому, що гелі з білкового стабілізатору готували на основі 2,5% розчині NaCl, це пов'язано з тим, що білковий стабілізатор призначений для використання в технології м'ясних продуктів, в рецептурі яких присутній хлорид натрію в кількості 2,5% до готового продукту. При інтенсивному перемішуванні вносили попередньо зважену наважку білкового стабілізатора масою 5г та додавали 50мл 2,5% розчину NaCl. Суспензію перемішували до повного диспергування білку. Стакан з суспензією тваринного білку розміщували в киплячій водяній бані і перемішуючи шпателем, доводили температуру дисперсії до 72°C. Стакан накривали алюмінієвою фольгою для запобігання випаровування води та залишали у водяній бані на 15 хв.

Після термообробки стакан з дисперсією білку вилучали з водяної бані, ретельно перемішували вміст шпателем і виливали в алюмінієву банку, яку накривали скляною чашкою Петрі та залишали для охолодження при кімнатній температурі на 3—4 год.

Охолоджену банку розміщували в побутовому холодильнику при температурі 5 ± 2 °C та витримували 16—18 годин. Після формування гелю його виймали з банки за допомогою шпателя, зрізали ножом верхній та нижній шар, гелі перевертали та поміщали знову у банку. Товщина зразку 40мм. Для вимірювання міцності банку з гелем розміщували на платформу аналізатора текстури та проводили penetрацію гелю на глибину до 15 мм циліндричним індентором. Швидкість penetрації — 1,0мм/сек, діаметр циліндру — 10мм, вантаж 8кг. Температура гелю не повинна перевищувати 14 °C. За величину міцності гелю приймали максимальне значення прикладеного зусилля. На рис. 1 (крива 1) представлена крива залежності зусилля від глибини penetрації для 10 % розчину білкового стабілізатора. Для отримання статистично достовірних даних про міцність гелю випробування кожного зразка проводили 5—6 раз.

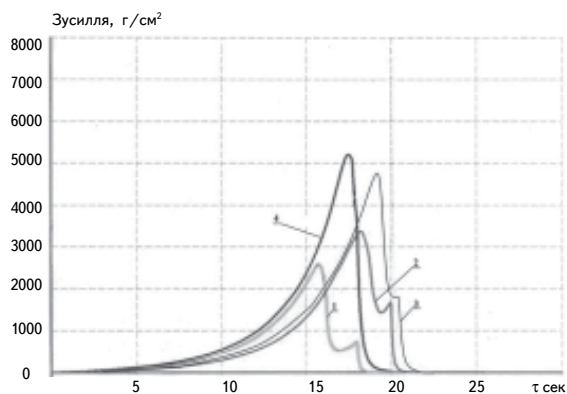


Рис. 1. Залежність міцності гелю від зусилля при різних концентраціях:

- 1—10 % білкового стабілізатору (БС); 2—10 % БС +1 % карагенану; 3—10 % БС +1% карагенану + 0,1 % дерева тара; 4—10 % БС +1 % карагенану + 0,1% дерева тара + 0,05% камеді ксантану.

ТЕХНОЛОГІЯ

На наступному етапі вивчали міцність гелів в склад яких входили білковий стабілізатор, карагени, камедь дерева тара та ксантанова камедь. Раціональна кількість гідроколоїдів була визначена за результатами попередньо проведених досліджень[3].

Враховуючи досить значну різницю в цінах на очищений та напівочищений карагенани, об'єктом досліджень був вибраний стандартизований напівочищений каррагенан з желуючою силою 550 г/см² (1,5%-ного водного розчину при температурі 15 °С після попереднього нагрівання до 72 °С, за методом Кобе).

В результаті проведених експериментальних досліджень, нами було вивчено вплив запропонованих гідроколоїдів на міцність гелю з білковим стабілізатором та відслідковано взаємодію білкового стабілізатору з каррагенаном, камідью тара та каміддю ксантану рис.1(криві 2,3,4).

Висновки. 1. Вивчено впливу білкового стабілізатора на міцність гелю та виявлено залежність збільшення міцності гелю від сумарного впливу гідроколоїдів.

2. Визначено пріоритетність використання білкового стабілізатору в поєднанні з карагенаном, камедю дерева тара, камедю ксантану

3. Виявлено синергетичну дію запропонованих гідроколоїдів в складі гелю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антипова Л.В., Глотова И.А. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной отрясли. — СПб.: Гиорд, 2006.
2. Рогов Й.А, Антипова Л.В., Шуваева Г.П. Пищевая биотехнология. — М.: КолосС, 2004.
3. Кишенько І.І., Мусієнко І.В Удосконалення технології солених м'ясних виробів з використанням функціонально — технологічних сумішей // Харч. пром. НУХТ. — 2005. — № 4. — с. 24.
4. Нечаєв А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия / Под ред. Нечаева. — СПб.: Гиорд, 2007.

Одержана редколегією 24.11.2010 р.

УДК 664.08(075.8)

Л.В. ПЕШУК, д-р с-г. наук, професор,
О. ЖУРАВЕЛЬ, магістрант,
О.Є. МОСКАЛЮК, асист.
Національний університет харчових технологій

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГРИБНОЇ СИРОВИНИ В М'ЯСНІЙ ГАЛУЗІ

Розроблено рецептури м'ясних виробів з грибною сировиною, проведено процес підготовки грибів перед внесенням до фаршу. Вивчено комплексну оцінку показників безпеки, органолептичні, фізико-хімічні, функціонально-технологічні, структурно-механічні, мікробіологічні показники та проведено кваліметричну оцінку якості м'ясних виробів з грибною сировиною.

Ключові слова: грибна сировина, рецептура, м'ясні хліби, напівфабрикати, якість продукту, показники безпеки.

Разработано рецептуры мясных изделий с грибным сырьем, проведен процесс подготовки грибов перед внесением в фарш. Изучено комплексную оценку показателей безопасности, органолептические, физико-химические, функционально-технологические, микробиологические показатели и проведена кваліметрическая оценка качества мясных изделий с грибным сырьем.

Ключевые слова: грибное сырье, рецептура, мясные хлеба, полуфабрикаты, качество продукта, показатели безопасности.

Compounding of meat wares is developed with mushroom raw material, the process of preparation of mushrooms is conducted before bringing at stuffing. The complex is studied estimation of indexes of safety, organolepticheskie, physical and chemical, functional-technological, microbiological indexes and the kvalimetriceskaya estimation of quality of meat wares is conducted with mushroom raw material.

Keywords: mushroom raw material, compounding, meat breads, ready-to-cook foods, quality of product, indexes of safety.

На сьогодні підвищений інтерес до біологічної цінності та безпечності продуктів харчування є закономірним не тільки у спеціалістів цієї галузі, але і всіх її споживачів, оскільки роль харчування відіграє значну роль у формуванні та збереженні здоров'я як окремо взятої особистості, так і нації в цілому.

Одним із основних завдань м'ясної промисловості в умовах скорочення поголів'я великої рогатої худоби, свиней, постійного дефіциту сировини є виробництво повноцінної за харчовою та біологічною цінністю продукції, шляхом заміни м'ясних компонентів сировиною рослинного чи тваринного походження, створенням комбінованих м'ясних продуктів, об'єми споживання яких невпинно зростають [1].

Грибна сировина — величезний резерв макро- та мікронутрієнтів, за поживністю наближається до м'ясних продуктів, при правильній термообробці засвоюється організмом людини на 70 %, тому доцільним є її використання у харчовій промисловості, зокрема в хлібопекарській галузі, виноробстві, пивоварінні як для прискорення технологічних процесів так із метою надання пікантності продукту; в кулінарії — в якості ароматних соусів, грибних приправ та екстрактів до страв.

Тому на сьогодні є актуальними дослідження, спрямовані на вивчення хімічного складу, біологічної та харчової цінності грибів, оптимізацію процесів термообробки грибною сировини

ТЕХНОЛОГІЯ

перед внесенням у фарш рецептури, що дає можливість збагатити даний продукт есенціальними незамінними речовинами та розширити асортимент м'ясної групи.

Науці відомо більше 100 тис. видів грибів.

За харчовою цінністю гриби поділяють на IV категорії:

I — білі гриби, грузді, грузді жовті, рижики;

II — червоноголовці, підберезники, масляки, грузді осикові, дубовики, польські гриби;

III — моховики, козяки, білявки, валуї, сиріжки, лисички, опеньки, печериці, зморшки;

IV — свинушки, зеленушки, рядовки, плеврот.

Ця класифікація умовна, так як якість готової продукції залежить не тільки від категорії, а й від того, як добре гриби перероблені [3].

За хімічним складом гриби наближаються до овочів, але містять, у порівнянні з ними, більше білку. Половину сухого залишку грибів становлять азотисті речовини, з яких 58—75 % припадає на частку білків. По відношенню до сировини маси грибів білки складають 2—5 %. Вміст білків залежить від виду та частин плодового тіла грибів і концентрується переважно в шляпках. Бульйон із сухих грибів по калорійності вище м'ясного.

Білки таких грибів як білі, масляки, підберезники є повноцінними, оскільки містять такі амінокислоти (лейцин, тирозин, аргінін і глютамін), вміст яких коливається 14—37 % від загальної суми амінокислот.

За вмістом жирів — 1,3—2,7 %, гриби переважають усі овочеві культури.

До складу вуглеводів входять цукри, які представлені глюкозою (0—4,2 %) та трегалозою (0—1,67 %), сахароспирти, глікоген, клітковина (0,2—1 %). Із сахароспиртів присутній маніт (0,2—0,7 %), масляки містять ще й сорбіт.

В грибах не має крохмалю, але є глікоген, ідентичний глікогену тваринного походження, містять органічні кислоти (лимонну, винну, щавлеву, фумарову) [3]. Багаті гриби й вітамінами, особливо групи B вміст деяких знаходиться на рівні м'ясопродуктів, а за кількістю пантотенової кислоти (10,3 мг/100 г) вони переважають овочі, фрукти, м'ясо, молоко й рибу.

У плодових тілах грибів містяться 27 мінеральних речовин. Кальцію в грибах майже стільки, скільки й у рибі.

Дослідження, по використанню грибів у м'ясній галузі, проводилися співробітниками Всеросійського науково-дослідного інституту птахопереробної промисловості. У 1993 році ними було розроблено композицію м'ясо-рослинного продукту (курячі ковбаски) для дієтичного і лікувально-профілактичного харчування. До складу рецептури входили курячі субпродукти та бланшовані гриби, які збагачують продукт клітковиною, нерозчинні компоненти зв'язуються з важкими металами і виводяться з організму.

Наші дослідження були направлені на вибір вихідних компонентів, підбір їх оптимальних співвідношень, встановлення впливу кількості грибної сировини на органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні властивості та технологічні показники і безпечність розроблених м'ясних хлібів, січених напівфабрикатів та з м'ясом в тістовій оболонці з метою розширення асортименту, підвищення їх біологічної та харчової цінності.

У м'ясопереробній галузі зазвичай використовують грибний порошок або екстракт грибів. Враховуючи уподобання споживачів, які на сьогодні все більше уваги приділяють безпечній, якісній продукції, нами у роботі використано виключно сировину у натуральному вигляді, зокрема білі гриби та рижики, масляки та польські, опеньки, лисички, печериці та плеврот. Проведено теплову обробку грибної сировини: бланшування, варіння, смаження.

В результаті досліджень було проведено внесення грибної сировини в м'ясні вироби у кількості — 3, 5, 7, 10, 12, 15 %, вивчено вплив кількісних співвідношень грибної сировини з м'ясною на органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні властивості. За результатами досліджень визнано оптимальним варіантом — 5—12 % (5 % — для лисичок, 7 % — плевроту, 10 % для білих грибів, рижиків, масляків та печериць, 12 % для польських та опеньок). При використанні грибів у рецептурі більше 12 % призводить до погіршення вигляду виробів на розрізі, а зменшення — не дає отримати очікуваного технологічного результату.

ТЕХНОЛОГІЯ

Введення грибної сировини до рецептур м'ясних виробів замість часткової заміни м'яса, дозволило нам розробити 9 рецептур м'ясних хлібів, січених напівфабрикатів та з м'ясом в тістовій оболонці, збагатити їх макро- та мікроелементами, зменшити калорійність, розширити асортимент, а з економічної точки зору знизити їх собівартість, при збереженні високих органо-лептичних характеристик, показників харчової і біологічної цінності (табл. 1).

Таблиця 1. Розроблені рецептури м'ясних хлібів та напівфабрикатів з м'ясом у тістовій оболонці

Компоненти рецептури	Хліби м'ясні				Равіолі			
	К*	4	5	6	К*	7	8	9
Основна сировина, кг/100 кг								
Яловичина жилована І сорту	40	45	40	35	82	31	17	30
Свинина жилована напівжирна	58	37	41	44		35	50	40
Сало		7	6	6	13,1	7	5	8
Цибуля ріпчаста					4,9	7	6	7
Рис відварений						10	12	10
Яйця курячі/меланж		3	2	2				
Крохмаль картопляний	2	1	1	1				
Маслюки		7						
Опеньки			10					
Печериці				12				
Білі гриби						10		
Польські гриби							10	
Рижики								5
Всього сировини:	100	100	100	100	100	100	100	100
Допоміжна сировина г/100 кг								
Сіль кухонна	2500	2000			1700	1600		
Нітрит натрію	5,3							
Перець чорний мелений	100				200	400	500	
Перець духмянний мелений	100							
Цукор-пісок	150	100			200			
Мускатний горіх мелений		100					600	

К* — контроль

Вміст у рецептурах — грибів, надає їм приємного, специфічного смаку й аромату, гарного рисунку на розрізі.

Усестороннє вивчення властивостей сировини та готової продукції, а саме дослідження структурно-механічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та інших характеристик, необхідно при оцінюванні харчової цінності розробленої продукції. Тільки шляхом співставлення і спільного огляду отриманих даних можна отримати відповідь на питання про можливість застосування на практиці нових способів обробки тваринної сировини, яка має складний хімічний склад і харчове значення [7].

За фізико-хімічними показниками м'ясні вироби з грибною сировиною відповідають вимогам ДСТУ 4436:2005. "Ковбаси варені. Загальні технічні умови", ДСТУ 4437:2005. "Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні посічені" та ДСТУ 6028:2008. "Напівфабрикати з м'ясом в тістовій оболонці заморожені: равіолі, вареники, манти, хінкалі, чебуреки" .

ТЕХНОЛОГІЯ

Вміст вологи у готових виробів для м'ясних хлібів становив — 68,7—70,1 %, для котлет — 61,3—62,2 %, для равіолі — 63,7—65,4 %, що забезпечує високу соковитість та вихід продукції.

Вміст білку у м'ясних хлібах з грибною сировиною становить 12,9—13,2 %, а жиру 13,9—15,3 %), на відміну від контролю (жиру — 16,2 %), білку — 13,7 %). У котлетах та равіолях також спостерігалось зниження жиру, та незначне підвищення білку, що вказує на підвищення біологічної та харчової цінності готових виробів. Дефіцит білкових речовин у продуктах харчування спонукає до пошуку шляхів його підвищення, тому під час досліджень ми намагалися знайти оптимальне співвідношення компонентів фаршу, щоб досягти бажаного технологічного результату. В результаті наукового пошуку були розроблені продукти з підвищеним вмістом загального білку, низьким вмістом жиру та калорійністю порівняно з контролем.

Важливими показниками якості продукції є значення водоутримуючої (ВУЗ), жируутримуючої здатності (ЖУЗ), стабільності фаршевої емульсії (СФЕ), які залежать від взаємодії білків між собою, з водою, від ступеня подрібнення м'ясної сировини. У зв'язку з цим теплова обробка вагомо впливає на ці показники, а отже і на вихід готових виробів.

Дані досліджень ВУЗ, ЖУЗ та СФЕ м'ясних хлібів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Дані досліджень ВУЗ, ЖУЗ та СФЕ м'ясних хлібів

Номер зразка	СФЕ, % до маси фаршу	ВУЗ, % до маси фаршу	ЖУЗ, % до маси фаршу
контроль	96,0±1,16	96,8±1,1	99,6±1,15
1	93,4±1,2	95,8±1,2	96,6±1,2
2	95,8±1,35	96,8±1,3	96,1±1,35

Високі функціонально-технологічні показники модельних фаршів свідчать про правильний підбір сировини, поєднання якої дало можливість створити продукцію з високим виходом та органолептичними показниками.

Біологічна цінність визначається тією частиною засвоєного організмом білка, який здатний задовольнити його потреби в синтезі необхідних білкових сполук і компенсації витрат на функціональну діяльність органів.

Оскільки організм людини не здатен синтезувати обов'язкові для його життєдіяльності тканин амінокислоти, ці амінокислоти мають надходити в складі продукту. Тому, визначаючи поживну цінність білкових продуктів, у тому числі м'яса і м'ясних продуктів, потрібно виходити насамперед з того, якою мірою кількісне співвідношення незамінних амінокислот, що містяться в них, наближається до оптимального, визначеного міжнародною комісією ФАО/ВОЗ, а також від сумарного співвідношення незамінних і замінних амінокислот.

Масову частку незамінних і замінних амінокислот в досліджуваних зразках визначали на приладі BIOTRONIK Amino Acid Analyzer LC 2000. Дані досліджень амінокислотного складу м'ясних хлібів та січених напівфабрикатів з грибною сировиною представлені в таблиці 3.

Отримані дані свідчать про незначне зниження валіну, метіоніну, цистину, фенілаланіну, тирозину в м'ясних хлібах порівняно з контролем та підвищення лізину, а в зразку № 6 — підвищення ізолейцину та лейцину. В котлетах підвищується вміст валіну, ізолейцину, лейцину, треоніну та спостерігається незначне зниження лізину, фенілаланіну, тирозину порівняно з контролем. Загальний вміст як незамінних, так і замінних амінокислот практично не змінюється.

Використовуючи дані таблиці 3. нами були встановлені амінокислотні скори контрольних та дослідних зразків м'ясних хлібів та січених напівфабрикатів з грибною сировиною порівняно з стандартною амінокислотою шкалою ФАО/ВОЗ. Дані представлені в таблиці 4.

Мікробіологічні показники готових виробів з грибною сировиною проводили в хроматографічній лабораторії Держспоживстандарту України у відповідності з ДСТУ 4.4.5.076-2001.

Вивчення питання безпечності сировини є одним з важливих критеріїв якості готової продукції. Виробник повинен гарантувати, що продукція яка надходить на ринок збуту не містить залишків пестицидів, токсичних речовин і антибіотиків. Проблема оцінки реального ризику в зв'язку з вживанням продуктів харчування, виготовлених за технологіями з використанням

ТЕХНОЛОГІЯ

пестицидів, не може бути вирішена без адекватних методів та методик, які повинні забезпечити виявлення та достовірне кількісне визначення залишків хлорорганічних пестицидів, так як вони здатні накопичуватись у готових продуктах, тим більше, що продукти розпаду більш стабільніші, ніж початкові пестициди. Тому нами для аналізу хлорорганічних пестицидів в готовій продукції використаний метод газорідинної хроматографії із застосуванням двох хроматографічних колонок.

Таблиця 3. Амінокислотний склад м'ясних хлібів та січених напівфабрикатів

№	Найменування показників	Масова частка амінокислоти, мг в 1 г білка					
		Котлети			М'ясні хліба		
		Контроль	1	2	Контроль	5	6
Незамінні амінокислоти							
1	Валін	46,09	53,21	54,09	51,31	47,64	48,26
2	Ізолейцин	49,69	50,92	51,33	51,83	49,3	55,73
3	Лейцин	79,78	84,47	82,03	83,86	78,67	87,02
4	Лізин	68,01	64,27	65,05	65,17	88,05	75,64
5	Метіонін + Цистин	34,91	37,82	38,68	40,36	39,31	39,62
6	Треонін	48,69	54,21	53,91	53,52	52,46	52,85
7	Триптофан	10,23	11,31	10,72	11,96	11,56	12,08
8	Фенілаланін + Тирозин	95,57	83,79	84,59	88,49	80,75	86,68
	Сума НАК	417,46	429,8	418,91	418,91	420,81	441,02
Замінні амінокислоти							
9	Аланін	62,02	61,67	61,24	61,21	57,75	60,21
10	Аргінін	62,09	53,71	51,01	53,73	65,88	57,55
11	Аспаргінова кислота	101,14	107,28	109,3	101,56	106,45	102,31
12	Гістидин	43,5	45,5	48,49	50,15	48,58	45,16
13	Гліцин	55,23	46,03	46,34	43,85	41,75	41,48
14	Глутамінова кислота	162,47	168,07	172,21	170,98	169,88	163,74
15	Пролін	48,82	38,76	43,59	41,89	39,01	40,08
16	Серин	44,61	44,73	47,34	40,03	44,43	42,53
	Сума всіх АК	997,34	995,55	998,43	999,21	994,54	994,08

Таблиця 4. Амінокислотний скор м'ясних хлібів та січених напівфабрикатів

Найменування показників	Амінокислотний скор					
	Котлети			М'ясні хліба		
	Контроль	1	2	Контроль	5	6
Валін	92,2	106,4	108,2	102,6	95,3	96,5
Ізолейцин	124,2	127,3	128,3	129,6	123,3	139,3
Лейцин	113,9	120,7	117,2	119,8	112,4	124,3
Лізин	123,7	116,8	118,3	118,5	160,1	137,5
Метіонін + Цистин	99,7	108,1	110,2	115,2	112,4	113,0
Треонін	121,7	135,5	134,8	133,8	131,2	132,1
Триптофан	102,3	113,1	107,2	119,6	115,6	120,8
Фенілаланін + Тирозин	151,7	133	134,3	140,5	128,2	137,6

ТЕХНОЛОГІЯ

Дослідження по визначенню вмісту хлорорганічних пестицидів так як гриби здатні акумулювати з ґрунту небезпечні для організму людини речовини, проводили за МБТ-5061-89 «Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов» на газорідинному хроматографі Agilent Technologies 6890N. Межа кількісного визначення хлорорганічних пестицидів 0,001 мкг/кг.

Всі зразки відповідали медико-біологічним вимогам щодо вмісту пестицидів у готовому продукті. Нами не було виявлено гептахлор; ГХЦГ г-ізомерів (0,1 мг/кг), ДДТ і його металолітів (0,1 мг/кг). Проведені дослідження показали, що розроблені рецептури м'ясних виробів з грибною сировиною мають високу біологічну і харчову цінність і можуть бути рекомендовані до використання у збалансованому харчуванні.

Висновки. На основі теоретичних обґрунтувань і експериментальних досліджень розроблено 9 рецептур м'ясних хлібів, січених напівфабрикатів та з м'ясом в тістовій оболонці. Встановлено, що для виробництва м'ясних виробів з грибною сировиною доцільно використовувати печериці, маслюки, опеньки і плеврот у смаженому, а білі гриби, лисички, польські та рижики — у вареному вигляді. Оптимізовано раціональний вміст грибів у фарші який становить 5—12 %. Використання грибів дозволяє розширити асортимент м'ясних виробів збагатити їх біологічно активними речовинами та знизити собівартість. На розроблену продукцію отримано патент України: Патент на винахід № 44381 «М'ясний фарш для виробництва вареної ковбаси» зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 25.09.2009.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Украинец А.И., Пешук Л.В., Карпенко П.А.* Создание качественно новых специальных продуктов. // Пищевые технологии. — 2006. — С. 6—9.
2. *Морозов А.И.* Грибы. Руководство по разведению. — Д.: Сталкер, 2000. — 304 с.
3. *Грибы и грибоводство* / Авт.-сост. П.А.Сычев, Н.П. Ткаченко. Под. общ. ред. П.А. Сычева. — Д.: «Издательство Сталкер», 2003. — 512 с.
4. *ДСТУ 4437:2005.* Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені. Загальні технічні умови.
5. *ДСТУ 6028:2008.* Напівфабрикати з м'ясом в тістовій оболонці заморожені: равіоли, вареники, манти, хінкалі, чебуреки. Технологічна інструкція.
6. *Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А.* Методы исследования мяса и мясных продуктов. — М.: Колос, 2004. — 571 с.
7. *ДСТУ 4436:2005.* Ковбаси варені. Загальні технічні умови. Технологічна інструкція.

Одержано редколегією 9.12.2010 р.

УДК 665.37

М.І. ОСЕЙКО, д-р техн. наук,**Є.І. ШЕМАНСЬКА**, асист.,**О.Л. СКАЧКО**, студ.,**Т.А. ЛАЗАРЕНКО**, студ.*Національний університет харчових технологій*

ОКИСНЮВАЛЬНА СТАБІЛЬНІСТЬ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ ТА ФОСФОЛІПІДНОГО ЖИРОВОГО ПРОДУКТУ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ

В статті наведено результати експериментальних досліджень антиоксидантної властивості фосфатидних концентратів та добавки КТІОЛ-ДТК в модельних розчинах лляної олії. Встановлено явище синергізму антиоксидантної дії фосфоліпідів і добавки при концентраціях 0,1—0,5 %.

Ключові слова: антиоксидантна властивість, лляна олія, фосфатидний концентрат, добавка КТІОЛ, стійкість до окиснення.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований антиоксидантной способности фосфатидных концентратов и добавки КТИОЛ-ДТК в модельных растворах льняного масла. Установлено явление синергизма антиоксидантного действия фосфолипидов и добавки при концентрации 0,1—0,5 %.

Ключевые слова: антиоксидантная способность, льняное масло, фосфатидный концентрат, добавка КТИОЛ, стойкость к окислению.

In the article the results of experimental researches of antioxidizing properties of phospholipids concentrates and additive KTIOL-DTK are resulted in modeling solutions of linseed-oil. The phenomenon synergism antioxidant actions phospholipids and additives is established at concentration of 0,1—0,5 %.

Key words: antioxidant ability, linseed-oil, phospholipids concentrate, additive KTIOL, firmness to oxidation.

Відомо, що лляна олія схильна до швидкого псування внаслідок високої ненасиченості жирних кислот. Одним із факторів, які лімітують термін зберігання лляної олії та використання її при термічній обробці, є значне підвищення вмісту продуктів окиснення в олії. Для уповільнення цих процесів застосовують різноманітні інгібітори та антиоксиданти.

Серед найбільш ефективних натуральних антиоксидантів пріоритетне місце займають фосфоліпіди. Фосфоліпіди являються комплексоутворюючими, інактивуючими метали, які при взаємодії з молекулами речовини, що окиснюється, утворюють сполуки, які викликають розпад гідроперексидів та утворення вільних радикалів, ініціюючих ланцюги окиснення. Фосфоліпіди можуть виступати як синергісти, які посилюють дію природних антиоксидантів, припускається також можливість їх безпосередньої реакції з гідроперексидами, в результаті якої утворюються неактивні сполуки та відбувається обривання ланцюгової реакції.

Створення різноманітних композицій на основі лляної олії, яка є джерелом поліненасичених жирних кислот омега-3 та фосфоліпідів, які мають високу фізіологічну цінність і широкий спектр функціонально-технологічних властивостей є перспективним напрямом конструювання жирних продуктів підвищеної біологічної цінності [1].

© М.І. Осейко, Є.І. Шеманська, О.Л. Скачко, Т.В. Лазаренко, 2010 р.

ТЕХНОЛОГІЯ

Ряд наукових робіт присвячено дослідженню антиокиснювальних властивостей фосфоліпідів, але немає єдиної думки щодо їх ролі в процесі окиснення. Деякі автори вважають антиокиснювальну активність фосфоліпідів лише в ролі комплексоутворювачів, які інактивують іони металів, інші визнають лише їх синергетичну дію. Визначення та оцінка інгібуючої властивості фосфоліпідів рослинних олій показали, що фосфоліпіди здатні обривати ланцюги вільнорадикальних реакцій [2]. В роботі [3] встановлено значення константи швидкості обриву ланцюгів ($k_t = 10^2 - 10^3$ моль/л·с) та доведено, що соняшниковий ФК є інгібітором 2-го та 3-го роду.

Мета роботи — дослідження окиснювальної стабільності лляної олії та фосфоліпідного жирового продукту підвищеної біологічної цінності.

Предмети дослідження:

модельні розчини нерафінованої лляної олії, яка отримана за технологією першого холодного пресування. Показники складу і якості олії: вміст води та летких речовин — 0,17 %, вміст золи — 0,14 %, кислотне число — 1,87 мг КОН/г, пероксидне число — 5,0 ммоль 1/2 О/кг, показник заломлення, n_D^{20} — 1,4820. Жирнокислотний склад лляної олії представлений кислотами, у %: α -ліноленова ($\omega-3$) — 57,1, лінолева ($\omega-6$) — 15,6, олеїнова ($\omega-9$) — 16,6, насичені — 10,7. Вміст вітаміну Е — 41,0 мг %.

фосфоліпідний жировий продукт КТІОЛ-БІО, що виготовляється з харчового фосфатидного концентрату та нерафінованої лляної олії, селективною екстракцією етиловим спиртом з метою збагачення продукту омега-3 поліненасиченими жирними кислотами та покращання його функціонально — технологічних властивостей. Отриманий ліпофільний продукт має жирнокислотний склад, представлений кислотами, %: α -ліноленова ($\omega-3$) — 34,55, лінолева ($\omega-6$) — 29,85, олеїнова ($\omega-9$) — 15,46, насичені — 12,64, інші ЖК — 7,5.

Для постановки експерименту використано зразок соняшникового фосфатидного концентрату з наступними показниками складу і якості: масова частка фосфоліпідів — 66,9 %, олії — 31,3 %, води і летких речовин — 0,3 %, кислотне число виділеної олії — 11,87 мг КОН/г, пероксидне число — 6,4 ммоль 1/2 О/кг. Жирнокислотний склад представлений основними кислотами, в %: α -ліноленова ($\omega-3$) — 0,15, лінолева ($\omega-6$) — 66,8, олеїнова ($\omega-9$) — 15,2, насичені — 17,85.

Визначення окиснювального псування лляної олії проводили прискореним методом “активного кисню” за ДСТУ ISO 6886-2003 [4]. Масова частка ФК та добавки КТІОЛ в модельних розчинах лляної олії складала 0,1 % та 0,5 %. Ступінь окиснення ліпідів та рівень їх гідролітичного розщеплення оцінювали за стандартними показниками якості — пероксидне (ПЧ) та кислотне число (КЧ), використовуючи для порівняння контрольний зразок олії (рис. 1 та 2).

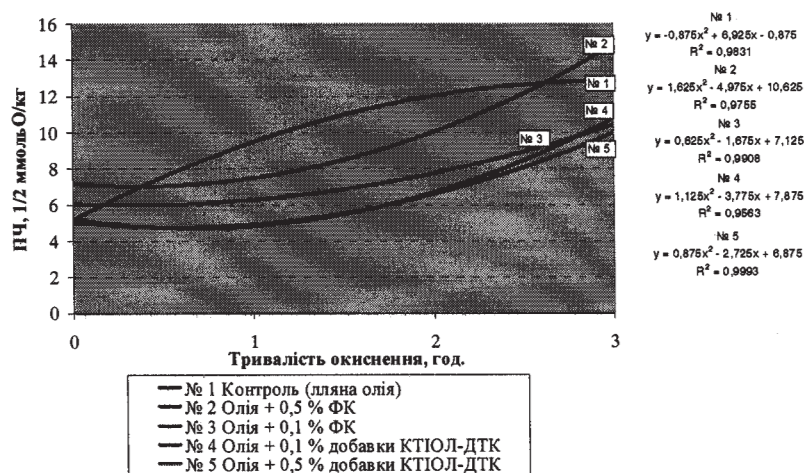


Рис. 1. Кінетика зміни пероксидних чисел модельних розчинів лляної олії при прискореному окисненні

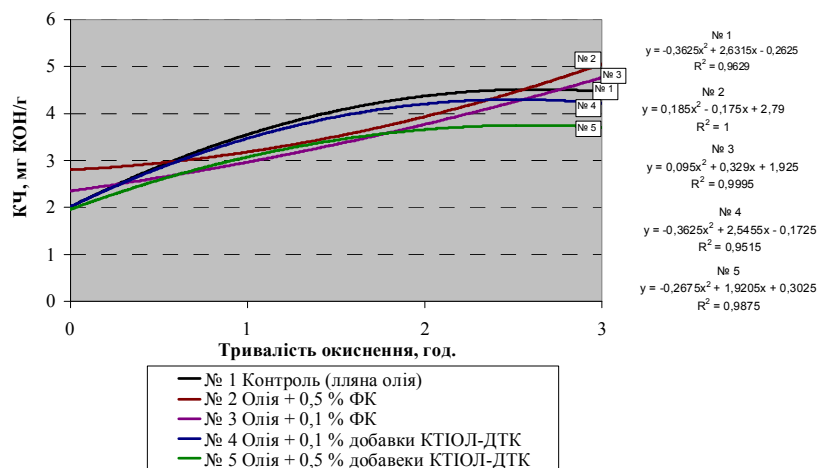


Рис. 2. Кінетика зміни кислотних чисел модельних розчинів лляної олії при прискореному окисненні

З рис. 1 і 2 видно, що введення ФК в лляну олію супроводжувалося збільшенням пероксидного та кислотного чисел, внаслідок високих значень цих показників у фосфатидному концентраті. Встановлено, що модельні розчини лляної олії проявляють високу стійкість до окислення при концентраціях ФК та добавки КТІОЛ 0,1 %.

Також виявлено стійкість до окиснення композицій фосфатидного концентрату та добавки КТІОЛ в модельних розчинах лляної олії при термічній обробці за температури 200 °С. В результаті досліджень встановлено синергізм антиоксидантної дії в концентраційних межах 0,1—0,5 %.

Дослідження антиоксидантної дії композицій ФК і добавки КТІОЛ-ДТК в модельних розчинах нерафінованої лляної олії

Найменування показника	Модельні розчини лляної олії з ФК та добавкою КТІОЛ-ДТК			Лляна олія без добавок (контроль)
	ФК 1,0% ДТК 0,1%	ФК 0,5% ДТК 0,1%	ФК 0,1% ДТК 0,1%	
Кислотне число, мг КОН/г після теплової обробки при 200 °С протягом 3 годин	8,1	7,4	5,2	11,2
Пероксидне число, 1/2 О ммоль/кг після теплової обробки при 200 °С протягом 3 годин	3,0	2,5	4,0	9,0
Показник заломлення, n_D^{20} після теплової обробки при 200 °С протягом 3 годин	1,4820	1,4818	1,4817	1,4822

Аналізуючи дані таблиці, видно, що найбільшу стійкість до окислення має модельний розчин олії, що містить 0,5 % ФК та 0,1 % добавки КТІОЛ і в якому досягнуто зниження вмісту пероксидних сполук у 3,6 рази. При збільшенні концентрації ФК в модельних розчинах спостерігається зростання швидкості накопичення вільних жирних кислот.

Наступним етапом роботи було дослідження впливу антиоксидантної добавки КТІОЛ-ДТК на стійкість до окиснення фосфоліпідного жирового продукту КТІОЛ"БІО підвищеної біологічної цінності.

Аналіз окиснювальної стабільності проводили за різних режимів зберігання: 1) прискореним методом «активного кисню» за температури 80 ± 2 °С з подачею повітря зі швидкістю 8 л/год (рис. 3 і 4);

2) за умов вільного доступу світла та повітря (автоокиснення) при температурі (20 ± 2) °С та низькотемпературного зберігання при температурі (5 ± 1) °С без доступу світла і повітря (рис. 5 і 6).

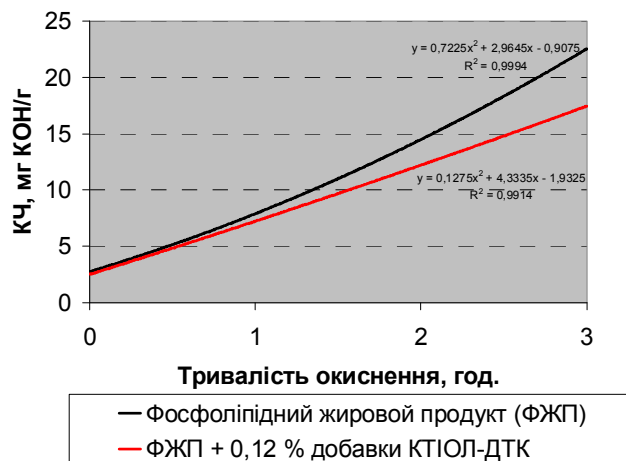


Рис. 3. Кінетика зміни кислотних чисел фосфоліпідного жиrowого продукту при прискореному окисненні

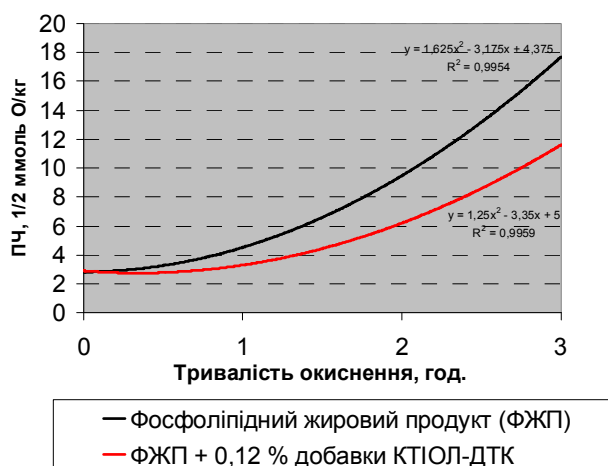


Рис. 4. Кінетика зміни пероксидних чисел фосфоліпідного жиrowого продукту при прискореному окисненні

Проведені дослідження методом прискореного окиснення показали (рис. 3 і 4), що введення в фосфоліпідний жиrowий продукт підвищеної біологічної цінності антиоксидантної добавки КТІОЛ-ДТК концентрацією 0,12 % збільшує стійкість до окиснення продукту у 1,5 рази за значенням пероксидного числа та у 1,3 рази за значенням кислотного числа у порівнянні з контролем.

Відповідно рис. 5 і 6 встановлено, що гарантований термін зберігання для фосфоліпідного жиrowого продукту при температурі 20 °С складає 21 добу, а при температурі 5 °С — 28 діб. Введення антиоксидантної добавки КТІОЛ-ДТК подовжує термін зберігання фосфоліпідного жиrowого продукту підвищеної біологічної цінності до 35 діб.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено антиокиснювальні властивості соняшникового фосфатидного концентрату і добавки КТІОЛ-ДТК в модельних розчинах нерафінованої лляної олії. Виявлено синергізм антиоксидантної дії фосфоліпідів і добавки КТІОЛ при термічній обробці модельних розчинів олії за температури 200° С. Експериментально показано антиокиснювальну дію добавки КТІОЛ на фосфоліпідний жиrowий продукт підвищеної біологічної цінності.

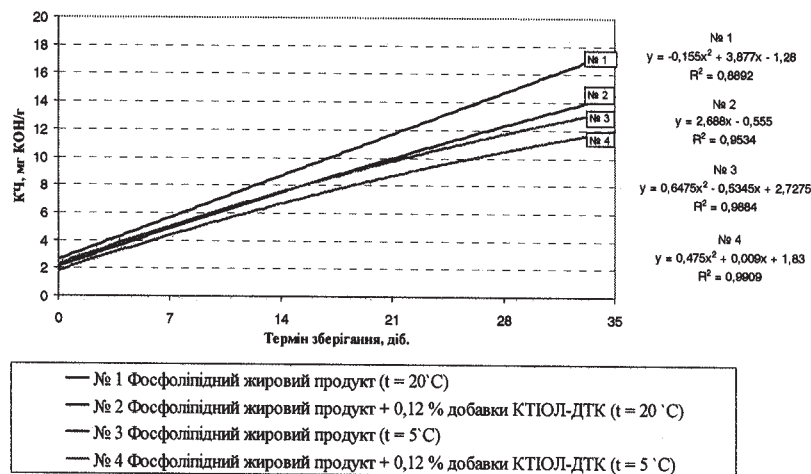


Рис. 5. Зміна кислотних чисел в процесі зберігання фосфоліпідного жиrowого продукту

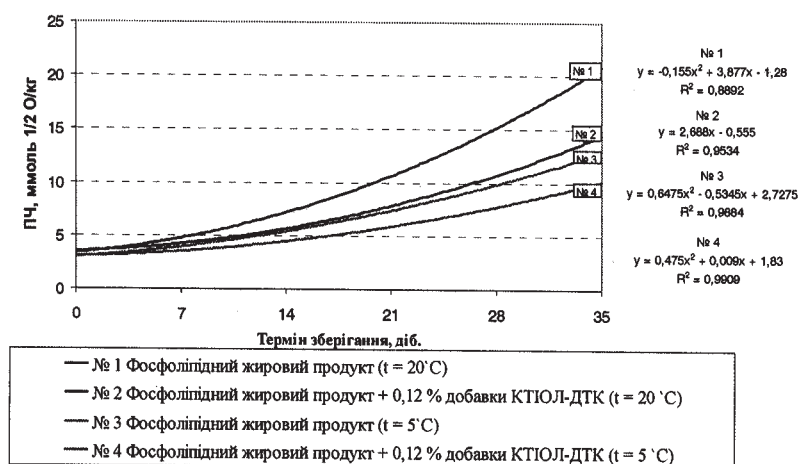


Рис. 6. Зміна пероксидних чисел в процесі зберігання фосфоліпідного жиrowого продукту

Підтверджена доцільність поєднання антиоксидантних та фізіологічно активних властивостей фосфоліпідів у складі різноманітних жиrowих композицій з метою розширення асортименту лікувально-профілактичних продуктів та збільшення терміну зберігання за рахунок інгібування окиснення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент на винахід 89725 Україна, МПК C07F 9/10 (2008/01)/ Спосіб виділення фосфоліпідів із фосфатидного концентрату / Осейко М.І., Шеманська Є.І.: власник Національний університет харчових технологій. " заявл. 29.09.2008; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4.
2. Демидов И.Н. Исследование ингибирующей способности фосфолипидов растительных масел / И. Н. Демидов, А.А. Котелевская, Е.А. Бутина [и др.] // Известия ВУЗов. Пищевая технология. — 1993. — № 1—2. — С. 58—60.

ТЕХНОЛОГІЯ

3. *Крамаренко А.О.* Технологія переробки фосфоліпідів соняшникової олії : автореф. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.06 «Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів» / А.О. Крамаренко. — Харків, 2008. — 21 с.

4. *Жири* тваринні і рослинні та олії. Визначання стійкості до окиснювання (Прискорена проба на окиснюваність) (ISO 6886:1996, IDT) : ДСТУ ISO 6886:2003. — [Чинний від 2004-07-01]. — К.: Держпозживстандарт України, 2004. — 14 с. — (Національний стандарт України)

Одержана редколегією 10.12.2010 р.

УДК 664.292-544.723.21

Л.А. КУПЧИК, канд. техн. наук,
Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України
Л.Ф. СТЕПАНЕЦЬ, канд. техн. наук;
О.В. НИЧИК, канд. техн. наук,
О.О. ХИЖНЯК, канд. техн. наук,
Т.А. МАРТИНЕНКО, н.с.
Національний університет харчових технологій

РОСЛИННІ ВІДХОДИ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ — ЦІННА СИРОВИНА ДЛЯ СТВОРЕННЯ НОВИХ ЕНТЕРОСОРБЕНТІВ, ХАРЧОВИХ ТА КОРМОВИХ ДОБАВОК

Запропоновані способи модифікування рослинних відходів харчової промисловості хімічними активаторами та високотемпературною екструзією з метою підвищення сорбційних властивостей та одержання ентеросорбентів для селективного вилучення іонів важких металів, радіонуклідів та деяких органічних забруднювачів із організмів людей та тварин.

Ключові слова: сорбція, рослинні відходи, важкі метали, органічні забруднювачі.

Предложены способы модификации растительных отходов пищевой промышленности химическими активаторами и высокотемпературной экструзией с целью повышения сорбционных свойств и получения энтеросорбентов для селективного отделения ионов тяжелых металлов, радионуклидов, а также, некоторых органических загрязнителей из организмов людей и животных

Ключевые слова: сорбция, растительные отходы, тяжелые металлы, органические загрязнители.

The article offers different methods of plant food wastes with chemical activators and hightemperature extrusion for the sorption properties increment and radionuclides, organic pollutants reception out of human's and animals organisms.

Key words: sorption, plant wastes, heavy metals, organic pollutants.

Дослідження останніх років свідчать про те, що деякі компоненти рослин, та звані, харчові волокна, мають високу здатність зв'язувати більшість катіонів важких металів, радіонуклідів стронцію та цезію, деяких трансуранових елементів та інш. Відомо, що рослинні волокна можуть також адсорбувати деякі органічні сполуки (холієві та амінокислоти, феноли, речовини пуринового ряду та інш.) [1—3]. Це дозволяє розглядати рослинні волокна в якості компонентів комбінованих адсорбуючих препаратів (ентеросорбентів) та спеціальних харчових та кормових добавок.

У цій статті наводимо деякі отримані нами результати, присвячені розробці способів підвищення сорбційних властивостей рослинних відходів харчової промисловості з метою одержання сорбентів для селективного вилучення іонів важких металів та радіонуклідів із модельних сольових розчинів.

© Л.А.Купчик, Л.Ф.Степанець, О.В. Ничик, О.О. Хижняк, Т.А. Мартиненко, 2010

ТЕХНОЛОГІЯ

Економічна доцільність таких досліджень ґрунтується на тому, що використовуються дешеві здебільшого неліквідні відходи, об'єми утворення яких в Україні значні: буряковий жом — 15—20 млн. тонн за сезон цукроваріння; зернові висівки та лушпиння — до 6% від бункерної маси зерна; облущені качани кукурудзи — до 20 % від бункерної маси зерна; абрикосові кісточки та горіхові шкаралупи — 100—120 тис. тонн за рік; яблучні вичавки — 0,5—0,9 млн. тонн за рік; виноградні вичавки — біля 200 тис. тонн за рік; лушпиння соняшника — 1,5—2 млн. тонн за рік та інші.

Для обробки рослинних відходів нами були запропоновані різні методи модифікування. Ці методи ґрунтувались на процесах часткової деполімеризації полісахаридної матриці та селективного трансформувannya гідроксильних груп у карбоксильні та складноефірні з кислотними властивостями [4—7]. Таке модифікування рослинних відходів дозволило збільшити їх здатність до реакцій приєднання, іонного обміну та комплексоутворення та, завдячуючи цьому, отримувати нові функціональні та селективні сорбенти.

Показовими є дані, що характеризують сорбційні властивості бурякового жому, модифікованого соляною кислотою та гідроксидом амонію за способом [7] (табл. 1). Встановлено, що хімічне модифікування жому дозволяє підвищити вміст вільних карбоксильних груп на 25—30 % по відношенню до вихідного і таким чином створити умови для покращення його сорбційних властивостей.

Таблиця 1. Величини сорбції (А) та ступеню вилучення (Еф) різних іонів токсичних важких металів (із розчинів з початковою концентрацією іонів 50 мг/л) зразками немодифікованого та модифікованого бурякового жому

Назва матеріалу	Pb ²⁺		Cd ²⁺		Hg ²⁺		As ⁵⁺		Ni ²⁺	
	А, мг/г	Еф, %	А, мг/г	Еф, %	А, мг/г	Еф, %	А, мг/г	Еф, %	А, мг/г	Еф, %
Жом немодифікований	20,8	80,8	11,7	77,7	9,3	80,4	3,3	27,6	3,5	49,3
Жом, модифікований HCl	24,2	96,6	14,2	99,5	11,1	95,3	4,2	35,0	5,6	66,2
Жом, модифікований NH ₄ OH	24,1	92,4	13,6	94,0	10,6	91,2	3,8	31,4	4,6	54,2

Можна бачити, що запропоновані схеми модифікування жому дозволяють значно покращити його сорбційні властивості, особливо це стосується модифікованого соляною кислотою жому при сорбції іонів ртуті, миш'яку та нікелю. При сорбції іонів свинцю та кадмію спостерігали високу ступінь вилучення як необробленими так і модифікованими різними способами відходами.

Досить показовими є дані, що характеризують властивості рослинних відходів, які були оброблені високотемпературною екструзією [4] (табл.2).

Видно, що екструзійна обробка приводить до підвищення (в 3 рази) концентрації вільних макрорадикалів целюлозних ланцюгів, що свідчить про ефективну деструкцію останніх та, вірогідно, їх часткове окислення. При цьому суттєво підвищується статична обмінна ємність та комплексоутворювальна здатність по відношенню до свинцю та стронцію, а також вибірковість сорбції радіостронцію (коефіцієнт розподілу по ⁹⁰Sr підвищився на порядок).

Нами також розроблена технологія одержання сорбентів із рослинних відходів шляхом їх збагачення лігніном [8], суть якої складається в послідовному гідролізі лігнінвмісного відходу (наприклад, гречаного лушпиння) мінеральною чи органічною кислотою концентрацією 0,5 — 10 мас. %, при температурі 80 — 200 °С. гідромодулі 1—10, протягом 20 — 180 хв. Таке модифікування дозволяє отримувати матеріал збагачений лігніном за рахунок видалення інших баластних речовин. Отриманий нами сорбент має вигляд темно-коричневого аморфного порошку без запаху, практично не розчинний у воді, з наступними фізико-хімічними характеристиками: насипна вага — 52 г/100 см³; вміст води — 4—9 %; кислотність (по H₂SO₄) — 0,6—1,3 %; зольність — 0,5—5 %; вміст лігніну 79—88 %, вміст полісахаридів та інших баластних речовин — 10—12 %, статична обмінна ємність по Na⁺ — 2,4 мг-екв/г, по СГ — 0,7 мг-екв/г. Результати сорбційних випробувань гречаного лігніну по відношенню до іонів важких металів представлені в табл. 3.

Таблиця 2. Вплив високотемпературної екструзії на сорбційні властивості відходів

Характеристики	Одиниці вимірювання	Зразки					
		Буряковий жом		Лушпиння гречки		Лушпиння соняшнику	
		до	після	до	після	до	після
Концентрація парамагнетичних центрів	спін/г	1,1 · 10 ¹⁵	3,1 · 10 ¹⁵	2,4 · 10 ¹⁵	7,9 · 10 ¹⁵	1,1 · 10 ¹⁵	2,7 · 10 ¹⁵
Статична обмінна ємність	мг-екв/г						
-за Cl ⁻		0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
-за Na ⁺		1,4	2,0	1,8	2,0	0,8	1,4
Комплексоутворювальна здатність	%						
-за Pb ²⁺		87,4	91,0	41,2	50,0	20,0	43,8
-за Sr ²⁺		83,5	87,5	44,4	65,4	33,3	64,0
Коефіцієнт розподілу по радіостронцію	мл/г	30	270	20	310	—	—

Таблиця 3. Сорбційні властивості гречаного лігніну по відношенню до іонів важких металів

Іонметалу	Рівноважна концентрація (Ср) мг/л	Величина сорбції (А), мг/г	Коефіцієнт розподілу (Кd), мл/г	Ефект вилучення (Еф), %
Ni ²⁺	5	2,3	460	76,9
	50	6,7	133	53,2
Cu ²⁺	5	1,3	254	85,5
	50	6,9	139	51,8
Sr ²⁺	5	4,4	1198	88,1
	50	7,8	264	53,8
Cd ²⁺	5	5,9	1301	91,9
	50	7,4	117	56,5
Pb ²⁺	5	36,4	1680	90,2
	50	42,5	849	76,4

Видно, що здатність гречаного лігніну сорбувати іони металів вища для розбавлених розчинів. Особливо це є характерним для кадмію та стронцію. Максимальні значення сорбційних характеристик зафіксовані для стронцію, кадмію та свинцю.

Для з'ясування можливості застосування гречаного лігніну в ентеросорбційних технологіях представляють інтерес отримані нами дані про його сорбційну активність по відношенню до органічних речовин-маркерів різної молекулярної маси: метиленового блакитного (M = 319) й конго-червоного (M = 697), а також токсичних та шкідливих для живих організмів речовин — сечової кислоти та іонів амонію, що являються сполуками з низькою та середньою молекулярною масою. В табл.4 наведені дані про сорбційні характеристики гречаного лігніну в дослідях з органічними барвниками, сечовою кислотою та солями амонію при їх сорбції із модельних розчинів різної концентрації.

Отримані кількісні характеристики сорбції іонів важких металів, амонію, сечової кислоти та органічних забруднювачів різної молекулярної маси свідчать про те, що отриманий за розробленою нами технологією, гречаний лігнін має виключно високу селективність до даних

ТЕХНОЛОГІЯ

типів забруднювачів і може розглядатись як потенційна складова ентеросорбційних препаратів чи спеціальних харчових чи кормових добавок.

Таблиця 4. Сорбційні властивості гречаного лігніну по відношенню до органічних барвників, сечової кислоти та амонію

Забруднювач	Рівноважна концентрація (Ср), мг/л	Величина сорбції (А), мг/г	Коефіцієнт розподілу (Кd), мл/г	Ефект вилучення (Еф), %
Метиленовий блакитний	5	6,7	798	90,5
	50	78,6	424	75,2
Конго-червоний	5	4,3	465	42,2
	50	10,5	62	29,0
Сечова кислота	0,5	3,7	1166	37,8
	5,0	2,75	683	20,3
Азот амонійний	5	1,5	467	81,6
	10	6,9	32	18,1

Таким чином, наведені приклади підтверджують перспективність різних методів модифікації харчових волокон. Ці методи як окремо, так і у сукупності відкривають можливість отримання широкого асортименту високоємких і гостроселективних сорбентів, здатних виступати в якості субстанцій нових ентеросорбентів та харчових домішок. Доволі привабливо це й тому, що відкриваються нові можливості утилізації та ефективного використання безмежного сировинного джерела, яке частіше за все розглядається як продукти, що мало утилізуються, або відходи.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Беюл Е.А., Горунова Н.Н.* Значение пищевых волокон в питании // Клин. мед. — 1987. — Т.65, № 2. — С. 123—127.
2. *Застосування ентеросорбентів у медицині і ветеринарії (методичні рекомендації)* / Терещенко В.П., Піщуков В.А., Дегтярьова Л.В. та інш., — Київ, 2005, — 53 с.
3. *Беляев Е.Ю., Беляева Л.Е.* Использование растительного сырья в решении проблем защиты окружающей среды. // Химия в интересах устойчивого развития, 2000, № 8, с. 763—772.
4. *Картель Н.Т., Купчик Л.А., Николайчук А.А.* Модифицирование целлюлозосодержащих отходов для сорбционного извлечения ионов тяжелых металлов // Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2005. — № 3. — С. 31—32.
5. *Купчик Л.А., Семак О.Ю., Картель Н.Т.* Переработка отходов кукурузных кочерыжек для получения сорбентов ионов тяжелых металлов // Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2006. — № 3. — С. 44—47.
6. *Купчик Л.А., Николайчук А.А., Степанець Л.Ф., Потапенко С.І.* Сорбенти з відходів харчової промисловості // Харчова та переробна промисловість, № 4—5, (356—367), 2009, с. 25—28.
7. *Методом високотемпературної екструзії можна одержувати пектиновмісну сировину для ентеросорбентів.* / Купчик Л.А., Картель М.Т., Миронюк Т.І., Рамушкевич Л.В. // Харчова і переробна промисловість, 2000, № 2-3, с.14-15.
8. *Пат. 76835* Укр., МКИ⁷ А61К 36/87, А61К 131/00. Спосіб одержання лігніновмісного ентеросорбенту / Денисович В.О., Николайчук А.А., Купчик Л.А., Картель М.Т.- Оpubл. 15.09.06, Бюл. № 9.

Одержано редколегією 15.12.2010 р.

УДК 637.34

О.В. ГУЛАК, асп.

Г.Є. ПОЛІЩУК, канд. техн. наук

М.М. АНТОНЮК, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ ЯК РЕЦЕПТУРНИХ ІНГРЕДІЄНТІВ У ВИРОБНИЦТВІ МОРОЗИВА

В статті наведено результати мікробіологічних досліджень водних екстрактів рослин, які містять фенольні сполуки. Виявлено кількісну зміну контамінуючої мікрофлори екстрактів у процесі їх зберігання. Визначено наявність антимікробних властивостей для екстрактів гібіскусу, троянди, котовника та лаванди. Доведено можливість застосування досліджених екстрактів у виробництві морозива.

Ключові слова: рослинні екстракти, мікробіологічні показники, антимікробні властивості, морозиво.

В статье приведены результаты микробиологических исследований водных экстрактов растений, которые содержат фенольные соединения. Установлено количественное изменение контаминирующей микрофлоры экстрактов в процессе их хранения. Определено наличие антимикробных свойств для экстрактов гибискуса, розы, котовника и лаванды. Доказана возможность применения исследованных экстрактов в производстве мороженого.

Ключевые слова: растительные экстракты, микробиологические показатели, антимикробные свойства, мороженое.

The results of microbiological studing of plant aqueous extracts, which contain phenol compounds, are presented in this article. It was determined that the quantity of contaminating microorganisms decrease in plant extracts during their storage. The antimicrobial properties of hibiscus, rose, lavender and catnip aqueous extracts were established. The possibility of application of these extracts in ice cream production was proved.

Keywords: plant aqueous extracts, microbiological characteristics, ice cream.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Першочерговим завданням для молочної індустрії є виробництво якісних і безпечних для здоров'я людини продуктів підвищеної біологічної цінності. До таких продуктів можна віднести морозиво, яке користується підвищеним попитом у споживачів всіх вікових груп.

Підприємства галузі щороку розширюють асортиментний ряд морозива як за рахунок впровадження принципово нових технічних, так і технологічних рішень, у тому числі шляхом застосування нетрадиційних видів продовольчої сировини. Досить оригінальною за органо-лептичними властивостями є група морозива із застосуванням рослинних екстрактів: морозиво чайне, цикорне та кавове. Подібний продукт на сьогодні має досить обмежений асортиментний ряд, оскільки для одержання водних витяжок застосовують лише чай чорний (ГОСТ 1937, ГОСТ 1938), чай зелений (ГОСТ 3716), цикорій (ТУ У 22331884/006-2000) та каву натуральну (ГОСТ 6805) відповідно до ТТІ 31748658-1-2007 до ДСТУ 4733:2007, 4734:2007, 4735:2007.

© О.В. Гулак, Г.Є. Поліщук, М.М. Антонюк, 2010

ТЕХНОЛОГІЯ

При розробленні нових видів морозива велика увага приділяється рівню мікробіологічної забрудненості рослинної сировини та дотриманню санітарно-гігієнічних умов виробництва продукту.

До небезпечних для здоров'я людини мікроорганізмів, які можуть потрапити в організм людини разом з забрудненою рослинною сировиною, відносять бактерії роду *Escherichia*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Listeria monocytogenes*, дріжджі, плісняву та ін. Вказані мікроорганізми не лише викликають псування продукту, а й створюють можливість виникнення інфекційних захворювань і харчових отруєнь у населення [1].

Саме тому, до гігієнічних нормативів за мікробіологічною безпекою морозива включають наступні групи мікроорганізмів: санітарно-показові, до яких відносять мезофільні аероби і факультативно-анаеробні мікроорганізми (МАФАНМ), бактерії групи кишкових паличок — БГКП (колі-форми); умовно-патогенні, до яких належать *S. aureus*; патогенні, у тому числі сальмонели, лістерії; мікроорганізми, що супроводжують псування харчових продуктів — дріжджі і плісняву.

При загартуванні і зберіганні морозива значна кількість мікроорганізмів відмирає або знаходиться в анабіозі, а життєздатною залишається психрофільна мікрофлора: мікрококи, спори бацил і плісняви, псевдомонади, які можуть активно розмножуватися при отепленні морозива. Важливе значення при збереженні якості морозива та запобіганні потраплянню сторонньої мікрофлори в продукт відіграє також герметичність його упаковки і умови транспортування та реалізації [2].

З огляду на вказане вище, авторами зроблено припущення стосовно можливості підвищення мікробіологічної чистоти морозива за рахунок не лише загальноприйнятих технологічних заходів (теплове оброблення, бактофугування, додавання консервантів — сорбінова, бензойна кислота та їх солі та ін.), а й шляхом внесення у харчові системи природних сполук, які виявляють антимікробні властивості. Зокрема, з літературних джерел відомо про застосування в якості консервантів екстрактів деяких рослин, які володіють високою антимікробною активністю: трави звіробою, березового листа, бадьяну товстолистого, солянки, череди, бархату амурського, кори дуба, шоломниці байкальської, бруньок ялівцю, медунки болотної, полину естрагонного, м'яти перцевої, буркуну лікарського, розторопші плямистої. Антимікробні властивості рослинних препаратів обумовлені, насамперед, наявністю у їх складі фенольних сполук. У деяких рослинах речовинами, які сповільнюють розвиток мікроорганізмів, є складові ефірних олій, що являють собою леткі суміші спиртів, альдегідів, кетонів, фенолів і фенольних ефірів, кислот та складних ефірів [3,4].

Застосування у виробництві морозива рослинних екстрактів, що містять антимікробні речовини, дає підставу авторам зробити припущення щодо можливості покращання якості морозива та подовження терміну його зберігання.

Тому дослідження мікробіологічних показників та антибактеріальних властивостей обраних рослинних систем є доцільним і актуальним.

Мета роботи полягає у дослідженні мікробіологічних показників та антимікробної дії рослинних екстрактів, які передбачається використовувати в якості рецептурних інгредієнтів у виробництві морозива.

Завдання досліджень:

- визначити мікробіологічні показники рослинних екстрактів, отриманих за різних температурних режимів;
- визначити антимікробні властивості екстрактів з обраних видів рослин;
- обґрунтувати можливість покращання мікробіологічної чистоти морозива за рахунок додавання рослинних екстрактів.

Матеріали та методи досліджень. Для проведення досліджень було використано рослинну сировину: гібіскус (ТУ У 15.8-30307990-002:2005 «Чай каркаде», «Чай із пелюсток суданської троянди»), троянду (ТУ У 00388079.004-2000 «Пелюстки троянди»), лаванду та мелісу (ТУ У 15.8-30474971.002-2002 «Фіточай Лаванда», «Фіточай Меліса»), котовник (ГСТУ 01.11-37-512:2006 «Сировина котячої м'яти. Загальні технічні умови»).

Рослинну сировину попередньо піддавали механічному подрібненню до рекомендованих середніх розмірів часточок 0,2...0,5 см. В якості екстрагента використовували питну очищену воду [5].

Визначення мікробіологічних показників рослинних екстрактів проводили шляхом їх поверхневого висіву по 0,1 см³ на агаризовані поживні середовища: м'ясо-пептонний агар (виявлення МАФАНМ), сусло-агар (виявлення дріжджів та грибів), середовище №10 (виявлення *S. aureus*) та ендосередовище (виявлення *E. coli*). Чашки з посівами інкубували протягом 2...3 діб за температури 37 °С для визначення загальної кількості мікроорганізмів (МАФАНМ), патогенних мікроорганізмів та бактерій групи кишкових паличок. Посіви на чашки з середовищем сусло-агар для виявлення грибів та дріжджів інкубували за температури 28 °С протягом 5...7 діб.

Антимікробну дію екстрактів визначали методом дифузії в щільне поживне середовище (м'ясо-пептонний агар). Антимікробну активність екстрактів визначали за утворенням зон пригнічення росту внесених у поживне середовище тест-культур (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*) навкруги лунок з досліджуванним матеріалом.

Вміст фенольних сполук в рослинних екстрактах визначали фотокалориметричним методом з реактивом Фоліна-Деніса [6].

Викладення основного матеріалу досліджень

На першому етапі наукової роботи було проаналізовано хімічний склад досліджуваних рослин, що містять біологічно-активні речовини і можуть впливати на умовно-патогенні та патогенні мікроорганізми. За вмістом фенольних сполук та органолептичними показниками (аромат, смак, наявність природних пігментів) авторами попередньо було обрано гібіскус, лаванду, котовник, троянду чайну, мелісу. При цьому також було враховано наявність рослинної сировини на внутрішньому ринку, дозвіл до застосування у харчових цілях та технологічні властивості (коефіцієнт дифузії, переважання водорозчинних екстрактивних речовин та ін.).

На наступному етапі роботи за раціональних технологічних режимів було отримано водні екстракти гібіскусу, лаванди, котовника, троянди, меліси [5] та досліджено динаміку зміни мікрофлори (МАФАНМ) при їх зберіганні за температури 4±2 °С протягом 7 діб. Результати аналізу кількості мікроорганізмів представлено у табл.1 та 2.

Мікробіологічні показники свіжовиготовлених екстрактів гібіскусу, троянди, лаванди та котовника відповідають вимогам щодо мікробіологічних показників згідно існуючих нормативів за кількістю КУО МАФАНМ (не більше, ніж 5·10³) [7]. Сировина з меліси відрізняється підвищеною мікробіологічною забрудненістю порівняно з іншими видами обраної рослинної сировини. У всіх зразках екстрактів на початку зберігання виявлено контамінуючу мікрофлору КУО МАФАНМ у кількостях, зумовлених початковим мікробіологічним обсіменінням сухого рослинного матеріалу. Так, для екстрактів, виготовлених при 80 та 100 °С, кількість МАФАНМ, КУО/г, знаходиться у межах 1·10³...1·10⁴ та 1·10³...4·10³ відповідно.

Впродовж 7 діб зберігання екстрактів за температури 4±2 °С можна відмітити наступні зміни мікробіологічної чистоти досліджуваних зразків, виготовлених за температури 100 °С. У екстрактах лаванди та котовника на 5 добу зберігання спостерігалось збільшення кількості мікроорганізмів. Екстракти троянди та гібіскусу володіли більшою стабільністю: число МАФАНМ зростало лише на 7-му добу зберігання. Слід відмітити, що кількість мікроорганізмів для всіх зразків одного порядку, що свідчить про певну мікробіологічну стабільність рослинних екстрактів. Узразках екстрактів, виготовлених при 80 °С, на 7 добу зміна КУО МАФАНМ суттєвіша (у середньому у 1,5...2,0 рази). Встановлений ефект свідчить про виняткову роль температурного фактору у підготовці екстрактів до застосування у виробництві морозива.

Отже, рекомендованим для подальшого застосування у технології морозива є такий спосіб одержання екстрактів гібіскусу, троянди, лаванди та котовника: свіжоприготовлені екстракти за температури 80 °С або екстракти, одержані при 100 °С, які можна зберігати за температури 4±2 °С протягом до 5 діб. Екстракт меліси рекомендовано застосовувати відразу після виготовлення при температурі 100 °С.

Мікробіологічні показники всіх досліджуваних екстрактів за вмістом БГКП, кількістю грибів та дріжджів, *Staphylococcus aureus*, салмонел відповідають встановленим вимогам [7].

З метою пошуку ефективних способів впливу на мікробіологічні показники морозива та, враховуючи можливу антимікробну дію обраних видів рослин, авторами було зроблено спробу пояснити ефект пригнічення розвитку мікроорганізмів в екстрактах в попередній серії експерименту під час їх зберігання.

Таблиця 1. Мікробіологічні показники водних екстрактів, отриманих за температури 80 °С

Водні екстракти	МАФАнМ, КУО/г, не більше				БГКП (коліформи) в 0,1 г				Кількість грибів та дріжджів, КУО/г				Staphylococcus aureus, в 1,0 г				Патогенні мікроорганізми, в т.ч. саломонели, в 25 г			
	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба
Троянди	3·10 ³	3·10 ³	3·10 ³	5·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Гібіскусу	1·10 ³	1·10 ³	2·10 ³	3·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Котовника	4·10 ³	4·10 ³	5·10 ³	6·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Меліси	1·10 ⁴	1·10 ⁴	1·10 ⁴	2·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Лаванди	3·10 ³	3·10 ³	4·10 ³	5·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Норма [7]	5·10 ³				не допускаються				2·10 ³				не допускаються				не допускаються			

Таблиця 2. Мікробіологічні показники водних екстрактів, отриманих за температури 100 °С

Водні екстракти	МАФАнМ, КУО/г, не більше				БГКП (коліформи) в 0,1 г				Кількість грибів та дріжджів, КУО/г				Staphylococcus aureus, в 1,0 г				Патогенні мікроорганізми, в т.ч. саломонели, в 25 г			
	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба	Свіже виготовлений	3 доба	5 доба	7 доба
Троянди	1·10 ³	1·10 ³	1·10 ³	2·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Гібіскусу	1·10 ³	1·10 ³	1·10 ³	2·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Котовника	3·10 ³	3·10 ³	4·10 ³	4·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Меліси	4·10 ³	6·10 ³	8·10 ³	9·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Лаванди	2·10 ³	2·10 ³	4·10 ³	5·10 ³	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені	Не виявлені
Норма [7]	5·10 ³				не допускаються				2·10 ³				не допускаються				не допускаються			

Авторами також було визначено кількісний вміст фенольних сполук в досліджувальних екстрактах лаванди, котовника, меліси, троянди та гібіскусу (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст фенольних сполук у рослинних екстрактах, отриманих за різних температур

№	Водний екстракт	Кількість фенольних сполук у екстракті, мг/мл,	
		80 °C	100 °C
1	Лаванди	0,083±0,0040,	0,085±0,0040,
2	Котовника	114±0,0020,	132±0,0050,
3	Меліси	104±0,0020,	112±0,0050,
4	Троянди	121±0,0050,	149±0,0040,
5	Гібіскусу	119±0,005	140±0,005

З метою вивчення впливу фенольних сполук на життєдіяльність окремих видів мікроорганізмів у досліджуваних зразках на кафедрі біотехнології мікробного синтезу Національного університету харчових технологій було визначено антимікробні властивості водних екстрактів лаванди, котовника, меліси, троянди та гібіскусу по відношенню до грампозитивних (*Staphylococcus aureus*), грамнегативних (*Escherichia coli*) мікроорганізмів та спорової культури (*Bacillus subtilis*). Результати проведених досліджень представлено у табл. 4. Найбільш виражений антимікробний ефект проілюстровано на прикладі екстракту троянди (рис. 1).

Таблиця 4. Антимікробна дія рослинних екстрактів

Водний екстракт	Зона пригнічення росту тест-культур, мм		
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Троянди	60	8	18
Гібіскусу	12	0	2
Котовника	5	2	0
Меліси	0	0	0
Лаванди	2	0	0

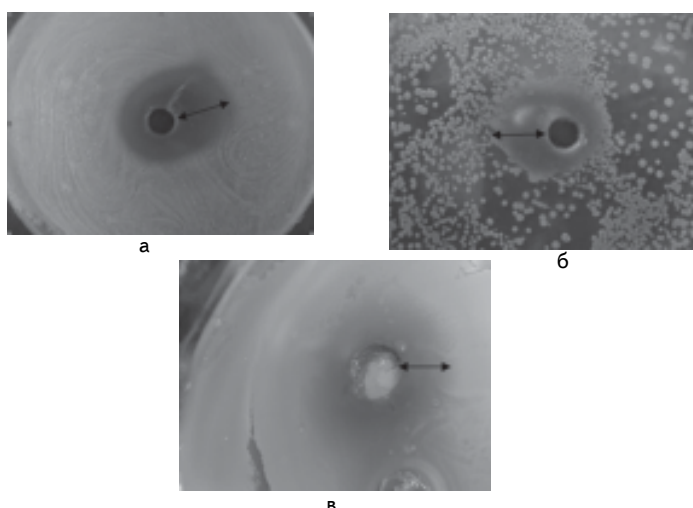


Рис. 1. Антимікробна дія екстракту троянди по відношенню до тест-культур:
а — *Bacillus subtilis*; б — *Staphylococcus aureus*; в — *Escherichia coli*
(на рисунках позначені зони пригнічення росту тест-культур)

ТЕХНОЛОГІЯ

Результати досліджень свідчать про антимікробну дію різного ступеня по відношенню до використовуваних тест-культур. Всі групи мікроорганізмів виявилися високочутливими по відношенню до екстракту троянди. Антимікробну дію екстракту гібіскусу виявлено щодо тест-культур *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*. Екстракт котовника пригнічував розвиток *Bacillus subtilis* та *E. coli*, а екстракт лаванди — лише *Bacillus subtilis*.

Даний ефект можна пояснити тим, що у екстрактах троянди та гібіскусу міститься більша кількість фенольних сполук (0,149 та 0,140 мг/см³) порівняно з екстрактами лаванди та котовника (0,085 та 0,132 мг/см³).

Екстракт меліси, що містить більше фенольних сполук порівняно з екстрактом лаванди, не виявляє антимікробну дію. Подібний, парадоксальний, на перший погляд, ефект може бути пояснений тим, що вихідний екстракт меліси за мікробіологічними показниками містить найбільшу кількість КУО МАФАНМ, тому фенольні сполуки екстракту за цих умов не виявляють очікувану антимікробну дію.

Таким чином, всі досліджені рослинні екстракти можна рекомендувати до застосування у виробництві морозива з врахуванням одержаних авторами результатів мікробіологічних досліджень. Це дасть змогу не лише збагатити готовий продукт БАР, а й покращити його мікробіологічні показники. В подальшій науковій роботі заплановано дослідити антимікробну дію екстрактів на мікробіологічні показники сумішей під час технологічного циклу виробництва та зберігання морозива.

Висновки. 1. Рекомендованими для застосування у технології морозива є свіжоприготовлені екстракти троянди, гібіскусу, лаванди та котовника за температури 80 ° або екстракти, одержані при 100 °С.

2. Екстракт меліси рекомендовано застосовувати відразу після одержання при температурі 100 °С.

3. Гарантований термін зберігання екстрактів троянди, гібіскусу, лаванди та котовника до їх застосування у виробництві морозива становить 5 діб за температури 4±2 °С.

4. Всі тест-культури виявилися високочутливими по відношенню до екстракту троянди. Антимікробна дія екстракту гібіскусу виявлена до *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, екстракту котовника — до *Bacillus subtilis* та *Escherichia coli*, екстракту лаванди — до *Bacillus subtilis*.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беляевская С.Ю., Осолодченко Т.П., Батрак Е.А., и др. // Экспериментальная і клінічна медицина. — 2004. — № 4. — С. 75—79.
2. Фостер Э.М., Нельсон Ф.Ю. и др. // Микробиология молока. — 1961, Москва: Пищепромиздат, 534 с.
3. Толкунова Н.Н., Чуева Е.Н., Бидюк А.Я. Влияние экстрактов лекарственных растений на развитие микроорганизмов // Пищевая промышленность — 2002 - №8 — с. 70—71.
4. Adeniji BA, Fong NH, Pezzuto JM, Luyengi L, Odelola HA. Antibacterial activity of diospyrin, isodiospyrin and bisisodiospyrin from the root of *Diospyros piscatoria* (Gurke) (Ebenaceae). *Phytother Res* 2000 Mar;14(2):112—7
5. Поліщук Г.Є., Гулак О.В., Вовкодав Н.І., Бреус Н.М., Перцевий Ф.В. Обґрунтування технологічних режимів одержання рослинних екстрактів для їх застосування у виробництві морозива // Наукові праці Національного університету харчових технологій — 2010 — № 33 — с. 20—23
6. Запроматов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высшая школа, 1974 — 213 с
7. Шигина Е.В., Маюрникова Л.А. Гореликова Г.А., Пермякова А.В., Дерябина В.И. Функциональные напитки антиоксидантного действия // Пиво и напитки — 2006 — № 4 — с. 41—43.

Одержано редколегією 24.12.2010 р.

О.С. ІЛЬЄВА, канд. техн. наук, асист.,
В.М. СТОРОЖУК, канд. техн. наук, доц.,
І.В. МЕЛЬНИК, канд. техн. наук, доц.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ НА ВОДОУТРИМУЮЧУ ЗДАТНІСТЬ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

У статті наведено результати досліджень по визначенню зв'язку між кількістю вологи, зв'язаної різними формами, в різних видах плодів і овочів, а також ефективності їх осмотичного обезводнення і соковіддачі.

Ключові слова: рослинна сировина, водні розчини, форми зв'язку вологи, соковіддача, ефективність осмотичного обезводнення, допустима кореляція.

В статье приведены результаты исследований по выявлению связи между количеством влаги, связанной различными формами, в разных видах плодов и овощей, а также эффективности их осмотического обезвоживания и сокоотдачи.

Ключевые слова: растительное сырье, водные растворы, формы связи влаги, сокоотдача, эффективность осмотического обезвоживания, допустимая корреляция.

The results of the investigation of the preliminary processing influence on water-retaining ability of the vegetable stuff. The results of the research concerning determination of the connection between the amount of moisture, connected with different forms, in different kinds of fruit and vegetables as well as the efficiency of their osmotic dehydrating and juice output, have been given in the article.

Key words: vegetable stuff, water solutions, forms of linking of the moisture, juice output, the efficiency of osmotic denhydrating, permissible correlation.

Актуальність. Основною частиною рослинної сировини, яка відрізняється від матеріалів неживої природи клітинною будовою, являється вода. Від поведінки водних розчинів при переробці, від стану води в плодах залежить ефективність таких технологічних процесів як випарювання, концентрування, видалення соку, сушіння, обжарювання. Дуже важко знайти такий вид овочів і фруктів, технологія яких не була б зв'язана з цими процесами або одним з них.

Новизна. Форм зв'язку вологи в плодах декілька, але можна твердити, що головні з них для технології — адсорбційна і осмотично-зв'язана. Кількісне співвідношення структурних елементів (чи цитологічні характеристики) в клітинах різної сировини різне. Можна сказати, що і кількісне співвідношення різних форм вологи в цих плодах відповідно теж різне. Це підтвердили досліді. Різна соковіддача і різна ефективність осмотичного обезвожування узгоджується із співвідношенням різних форм вологи в плодах.

Практична цінність. Накопичення даних про форми зв'язку вологи в плодах являє як теоретичний інтерес для більш повної характеристики рослинної сировини, так і практичне значення (даних про цитологічні характеристики) для прогнозування ефективності видалення вологи при консервуванні.

Здатність м'якоті фруктів і овочів утримувати вологу залежить від кількості харчових волокон. Здатність харчових волокон утримувати воду зв'язана зі ступенем гідрофільності і кількістю присутніх в них біополімерів, характером поверхні і пористості частинок, їх розмірами.

ТЕХНОЛОГІЯ

Зв'язана вода перешкоджає пресуванню, тому необхідно її перевести у вільну форму. В присутності іонів Ca^{2+} відбувається зміцнення тканин м'якоті і знижується її пластичність за рахунок утворення кальцієвих солей пектинових кислот і звільнення зв'язаної води.

Відомо, що свіжі фрукти і овочі вміщують від 75 до 95 % води, яка зв'язана практично з усіма структурними елементами плодової тканини. Більша частина води являє собою розчин сухих речовин фруктів і овочів, основну частину яких складають вуглеводи (глюкоза, фруктоза, сахароза, розчинний пектин). Частина води розміщена в клітинних стінках. Клітинні стінки складають 0,7...5 % від сирової маси фруктів та овочів. В склад клітинних стінок і серединних пластин входять: целюлоза, геміцелюлоза, протопектин. Вміст целюлози у фруктах і овочах коливається від 0,3 до 1,4 % на сирову масу їстівної частини, геміцелюлоза від 0,1 до 0,7 %, протопектин — 75 % від загального його вмісту. Ці полімери сильно гідратовані і здатні утримувати десятикратну кількість вологи. Здатність м'якоті фруктів і овочів утримувати вологу залежить від кількості харчових волокон (ХВ). Здатність харчових волокон утримувати воду зв'язана зі ступенем гідрофільності і кількості присутніх в них біополімерів, характером поверхні і пористості частин, їх розмірами [1, 2].

Основна маса розчинних сухих речовин плодів знаходиться у вільному стані, яка в більшій мірі знаходиться у вакуолях. В процесі осмотично-дифузійних процесів цитоплазматична мембрана стискається, що впливає на форму і об'єм плоду.

Відомо, що рослинна сировина має яскраво виражену клітинну структуру і що можливість рослинної клітини утримувати клітинний сік або віддавати воду в розчинах осмотичної дії речовин (ОДР) обумовлені наявністю напівпроникної цитоплазматичної мембрани. Однак відомо також, що різні плоди при приблизно однаковому вмісті соку 80...90 % від маси вихідної сировини, відрізняються різною соковіддачею після однакового механічного подрібнення, або володіють різним індексом стійкості до нього.

Аналіз величин, які складають індекс стійкості плодів з різною соковіддачею (яблука і сливи) показали, що основна відмінність у них не стільки у фізіологічних особливостях цитоплазми — її густини і еластичності, яка відрізняється приблизно в 2 рази, скільки в цитологоанатомічних властивостях, особливо частці цитоплазми і кількості пропускаючих пучків.

А оскільки, як відомо, волога в сировині знаходиться в кількох формах зв'язку, головною з яких є адсорбційно- (або колоїдно) зв'язана і осмотично-зв'язана, то, можливо, чим більша в клітині частка цитоплазми (а цитоплазма — це 80 % води, а решта — зв'язані з нею білки, ліпіди, вуглеводи), тим більша частина води в такій сировині знаходиться в зв'язаному стані і менше осмотично-зв'язана волога. Остання знаходиться в розчинах, що вміщують органічні і мінеральні речовини (це вільний клітинний сік) і утримується в клітинах що не руйнуються за рахунок сил осмотичного тиску і напівпроникних біологічних мембран [3].

З цього можна зробити висновок, що чим менше осмотично-зв'язаної вологи, тим менше і вихід соку при механічному подрібненні. Оскільки в літературі немає даних про цитологоанатомічні властивості овочів, то, визначивши в них форми зв'язку вологи, можна пояснити, як і для плодів, різну соковіддачу.

Метою даної роботи є визначення зв'язку між кількістю вологи, зв'язаної різними формами в різних видах плодів і овочів, ефективністю їх осмотичного обезводнення і соковіддачі.

Види зв'язку вологи з матеріалом. Структура води різноманітна і в залежності від форми зв'язку з іншими компонентами істотно впливає на хід виконання технологічних процесів виробництва. Для видалення із матеріалу вологи необхідно зруйнувати їх зв'язки. Форми зв'язку можуть бути різними (за П.А. Ребіндером): хімічний; фізико-хімічний; фізико-механічний [1, 3].

При цьому в кожній з цих груп розрізняють: хімічний, адсорбційний, осмотичний, капілярний зв'язок вологи з матеріалом.

Хімічно зв'язана волога представляє воду гідрату, зв'язану у виді гідроксильних іонів, і конструкційну вологу кристалогідратів. Видалити першу можна тільки в результаті хімічної взаємодії, другу — тільки прожарюванням.

Адсорбційно-зв'язана волога утримується найбільш міцно за рахунок сил адсорбції білками та іншими гідрофільними речовинами структурної сітки. Диполі води утворюють щільні гідратні солі навколо білкової молекули, формують сольватну оболонку білкових речовин і

гідрофільних колоїдів. В рослинних клітинах вода входить до складу всіх структурних елементів і зв'язана з різними хімічними сполуками, в тому числі пектиновими речовинами, утворюючи колоїдні розчини і емульсії. Порушення цього зв'язку відбувається під впливом факторів, які сприяють пониженню гідрофільних властивостей (температура, рН середовища і т.ін.).

Осмотично-зв'язана волога знаходиться в розчинах, які містять органічні і мінеральні речовини, і які утримуються в незруйнованих клітинних структурах за рахунок сил осмотичного тиску і напівпроникності клітинних мембран. Утримується слабкіше колоїдної (адсорбційної) і може бути видалена із сировини внаслідок занурення сировини в розчин з більшим осмотичним потенціалом, її зміст корелює з соковіддачею сировини.

Капілярно-зв'язану вологу відносять до структурно-вільної вологи, яка легко видаляється механічним шляхом (пресування, центрифугування).

Волога із мікрокапілярів видаляється шляхом випаровування.

В основі методу лежить уявлення про те, що колоїдно-зв'язана вода з впорядкованою структурою не являється розчинником при змішуванні з розчином цукру. В цьому розчині розподіляється тільки не зв'язана з колоїдами вода. Змішавши частину матеріалу, що досліджується з розчином цукру, а іншу частину з чистою водою, та визначивши концентрації отриманих розчинів за допомогою рефрактометра розраховуємо дуже важливі показники, що характеризують водневий режим матеріалу, що досліджується: концентрацію колоїдно-зв'язаної води, вміст загальної води.

Визначення колоїдно-зв'язаної і осмотично-зв'язаної води в сировині. В тарований бюкс розміщуємо наважку масою 2 г, зважуємо на аналітичних вагах та сушимо в сушильній шафі при температурі 100 °С до постійної ваги.

Із отриманих даних вираховуємо вміст загальної води по формулі:

$$a = \frac{100 \cdot (b - n)}{b}, \quad (1)$$

де a — вміст загальної води у пробі; b — вага сирової наважки, г; n — вміст сухої речовини в наважці.

В інший тарований бюкс розміщуємо наважку масою 2 г з точністю до 0,01 г, зважуємо, додаємо 3 мл 25 %-ного розчину сахарози, закриваємо кришкою і знову зважуємо. Після цього вміст бюкса перемішуємо маленькою скляною паличкою, що по довжині не перевищує висоти бюкса, закриваємо кришкою разом з паличкою і залишаємо на 20—24 год. при періодичному розмішуванні до настання рівноваги. В отриманому розчині визначаємо концентрацію сахарози за допомогою рефрактометра.

Беремо ще один тарований бюкс, поміщаємо в нього наважку масою 2 г, додаємо 3 мл дистильованої води, закриваємо кришкою та зважуємо. Вміст бюкса перемішуємо маленькою скляною паличкою. Залишаємо її в бюксі та закриваємо кришкою. Настояємо протягом 2 год., беремо 1-2 краплі розчину і визначаємо його концентрацію за допомогою рефрактометра.

Із отриманих даних вираховуємо вміст колоїдно-зв'язаної, нерозчинної води по формулі:

$$X = a - \frac{n_1 \cdot S \cdot (b_0 - b_2) \cdot (100 - b_1) + n_2 \cdot H \cdot b_1 \cdot (100 - b_2)}{n_1 \cdot n_2 \cdot (b_2 - b_1)}, \quad (2)$$

де X — кількість колоїдно-зв'язаної води (в % до досліджуємої речовини); H — кількість води, що додана до наважки n_1 , г; S — кількість розчину сахарози, доданого до наважки n_2 , г; n_1 — наважка досліджуемого матеріалу, до якого додана вода, г; n_2 — наважка досліджуемого матеріалу, до якої додається розчин сахарози, г; b_1 — концентрація розчину, що отриманий після настоювання наважки n_1 з водою, %; b_2 — концентрація розчину, отриманого після настоювання наважки n_2 з розчином сахарози, %; a — вміст загальної води в досліджуемому матеріалі, % [4].

Кількість осмотично-зв'язаної води у відсотках до досліджуваного матеріалу розраховують по формулі:

ТЕХНОЛОГІЯ

$$Y = a - x, \quad (3)$$

де x — вміст колоїдно-зв'язаної води, %.

Наприклад, «Визначення колоїдно-зв'язаної і осмотично-зв'язаної води у моркві». Для розрахунку загальної води використовують наступні дані: $b = 2$ г; $n = 0,43$ г

$$a = \frac{100 \cdot (2 - 0,43)}{2} = 82,5 \%$$

Кількість загальної води, яка присутня у моркві, складає 82,5 %.

Вміст колоїдно-зв'язаної, нерозчинної води: $n_1 = 2$ г; $n_2 = 2$ г; $S = 3$ г; $b_0 = 25$ %; $b_1 = 3,6$ %; $b_2 = 20$ %; $H = 3$ г

$$X = 82,5 - \frac{2 \cdot 3 \cdot (25 - 20) \cdot (100 - 3,6) + 2 \cdot 3 \cdot 3,6 \cdot (100 - 22)}{2 \cdot 2 \cdot (100 - 22)} = 68 \%$$

Кількість осмотично-зв'язаної води: $Y = 82,5 - 68 = 14,5$ %.

Співвідношення форм вологи в деяких плодах наведені в таблиці та на рис. 1—4.

Характеристика форм зв'язку вологи в плодах та овочах (%)

Назва продукту	Свіжий продукт			Заморожений продукт			Продукт, оброблений СВЧ			Продукт бланшований		
	Форми зв'язку вологи, %											
	а	х	у	а	х	у	а	х	у	а	х	у
Яблуко	85	18,5	66,5	82,5	14,5	68	88,5	21,5	67	87,5	19	68,5
Слива	87	65,1	21,9	88,5	66,6	21,9	89,5	67,5	22	91	78	13
Виноград	81	14	67	82,5	14	68,5	84,5	21	63,5	87	18	69
Банан	75,5	64,5	11	79	65,6	13,4	77,5	54	23,5	81,5	65,5	16
Ківі	85	19	66	83,5	16	67,5	86,5	13	73,5	89,5	21,5	64
Морква	84,5	55,5	29	85	57	28	81	69,5	11,5	82	69	13
Томат	94	30	64	94,5	29	65,5	94	21,5	72,5	94,5	15,5	79

a — загальна вода; x — колоїдно-зв'язана вода; y — осмотично-зв'язана вода

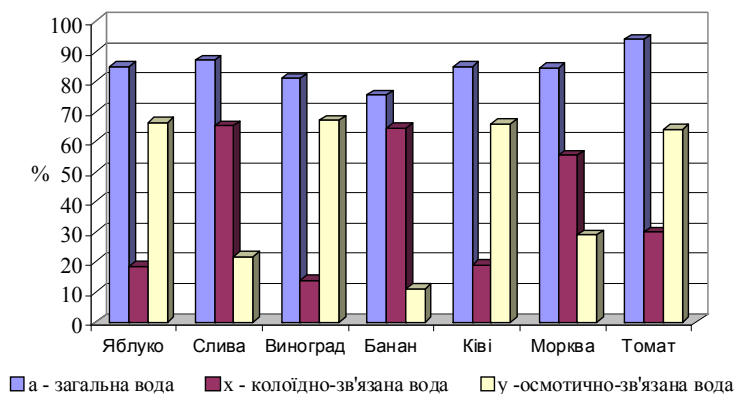


Рис. 1. Свіжий продукт

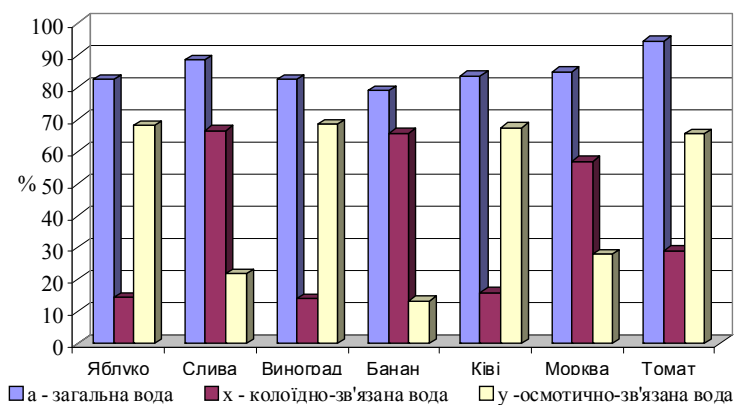


Рис. 2. Заморожений продукт

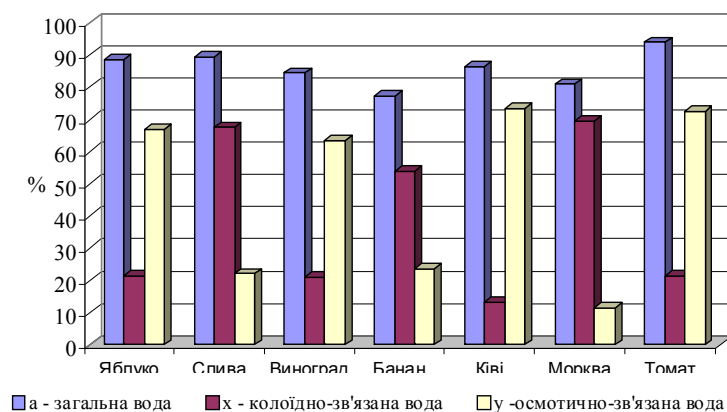


Рис. 3. Продукт оброблений СВЧ

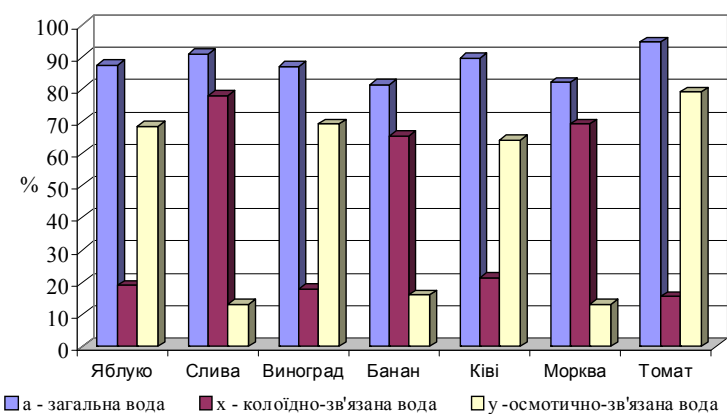


Рис. 4. Продукт бланшований

ТЕХНОЛОГІЯ

Аналізуючи отримані дані можна сказати, що і в плодах, і в овочах є дві групи :

— перша — високий вміст осмотично-зв'язаної води (яблука, виноград, ківі, томати);

— друга з низьким вмістом осмотично-зв'язаної води (морква, банан, слива).

Як видно із таблиці, сировина, в якій більша частина води знаходиться у формі осмотично-зв'язаної води, характеризується хорошою соковіддачею навпаки, чим менша доля осмотично-зв'язаної води, тим менша віддача соку.

Остаточно стверджувати вище сказане неможливо, оскільки аналогічних даних в літературі немає і порівняти отримані дані не існує можливості. Потрібно продовжувати дослідження і накопичувати інформацію стосовно цієї теми, лише тоді можна робити остаточні висновки.

Висновок. Дослідами частково підтверджена допустима нами кореляція між кількістю осмотично-зв'язаної, соковіддачі і ефективності обезводнення. Чим менше осмотично-зв'язаної води, тим менший вихід соку.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Флауменбаум Б.Л.* Основы консервирования пищевых продуктов / Б.Л. Флауменбаум, С.С. Танчев, М.А. Гришин. — М., 1986. — 494 с.
2. *Технологія консервування плодів, овочів, м'яса та риби* / Під ред. Б.Л. Флауменбаума. — М., 1993. — 320 с.
3. *Флауменбаум Б.Л.* Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва / Б.Л. Флауменбаум, А.Т. Безусов, В.М. Сторожук, Г.П. Хомич. — Одеса, 2006. — 399 с.
4. *Починок Х.Н.* Методи біохімічного аналізу рослин. — К., 1976. — 333 с.

Одержана редколегією 20. 01.2011 р.

УДК 664.1-663.43

Г.О. СИМАХІНА, д-р техн. наук,

О.М. КОРИХАЛОВА

А.О. ОСТРОВСЬКА

Національний університет харчових технологій

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СОРТІВ ПЛОДІВ ТА ЯГІД ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ

Обґрунтовано вибір сортів плодів і ягід, придатних для низькотемпературного оброблення, з підвищеним вмістом біологічно активних речовин. Наведено результати досліджень із заморожування ягід.

Ключові слова: плоди, ягоди, заморожування, вітаміни, мінеральні елементи, зберігання, біологічна цінність.

Обоснован выбор сортов плодов и ягод, пригодных для низкотемпературной обработки, с повышенным содержанием биологически активных веществ. Приведены результаты исследований из замораживания ягод.

Ключевые слова: плоды, ягоды, замораживание, витамины, минеральные элементы, хранение, биологическая ценность.

There is substantiated the choice of fruit and berries that are good for low-temperature procession and have the high content of biologically active substances. There are also presented some results of researches dedicated to freezing of berries.

Keywords: fruit, berries, freezing, vitamins, mineral elements, storage, biological value.

За результатами власних досліджень та інших авторів встановлено, що використання рідкого азоту в криогенних технологіях дає змогу зберегти нативну структуру білків, вітамінів та інших біологічно важливих органічних сполук, а також запобігти псуванню готових продуктів під впливом ферментів, мікроорганізмів, кисню повітря [1, 2, 3]. Комісією ЮНЕСКО криогенний спосіб зберігання та перероблення сільськогосподарської сировини визнано єдиним на сьогодні найбільш ефективним методом отримання високоякісної продукції.

Тому **метою** цієї роботи є науково обґрунтований вибір високовітамінної плодово-ягідної сировини, придатної для заморожування, аналіз її хімічного та біохімічного складу до і після заморожування.

В Україні першу фундаментальну працю з кріобіології Л.К.Лозини-Лозинського було опубліковано в 1972 р., а у 1975 р. зроблено першу спробу узагальнити накопичені дані з кріобіології та кріомедицини у праці А.Білоуса та М.Пушкаря "Вступ до кріобіології". У цих книгах знайшли відображення теоретичні та практичні досягнення кріобіології у період 60—70-х р.р. XX століття.

У 1994 р. вийшла нова праця А.Білоуса та В.Грищенка "Кріобіологія" [4]. Усі ці книги стали теоретичним підґрунтям виконання даної наукової роботи зі створення високоефективної технології заморожування плодово-ягідної сировини.

Плоди та ягоди, як і овочі, є важливим джерелом вітамінів, мінеральних солей, водорозчинних цукрів, крохмалю, органічних кислот, пектинових речовин. Деякі плоди та ягідні рослини мають фітонцидні властивості й завдяки цьому виявляють антимікробну дію. Рослинна їжа збільшує секрецію травних залоз і посилює їхню ферментативну активність, що поліпшує процеси травлення й підвищує засвоюваність їжі. Ці властивості роблять плоди та ягоди необхідною складовою раціону харчування як здорової, так і хворої людини [5].

ТЕХНОЛОГІЯ

Плоди значною мірою забезпечують організм людини мінеральними елементами — солями калію, кальцію, магнію, фосфору, заліза. Але якщо щодо одних мінеральних елементів (калію, заліза) плоди — основне джерело, то щодо інших (солей кальцію, фосфору, магнію) вони доповнюють продукти, багаті на ці солі. Ряд мінеральних елементів (натрій, хлор) плоди містять у незначних кількостях, що відіграє важливу роль у лікувальному харчуванні осіб, схильних до гіпертензії. При введенні мінеральних сполук із їжею важливо зважати не лише на їхню абсолютну якість, а й на співвідношення між собою, а також кількісні пропорції щодо білків, жирів і вуглеводів — часто це кардинально впливає на всмоктування та засвоєння мінеральних речовин [6].

Плоди й ягоди, які містять значну кількість пектинових речовин, справляють детоксикаційну дію (яблука, сливи, журавлина). Пектинові речовини здатні адсорбувати різні сполуки, в тому числі екзогенні (токсини, важкі метали) та ендогенні, які утворюються в організмі.

Викладені відомості показують, наскільки важливо технологічний процес перероблення плодово-ягідної сировини вести таким чином, щоб отримані з нього напівфабрикати та готові продукти зберегли практично всі цінні речовини вихідного матеріалу, закладені в ньому природою (за винятком видаленої вологи); щоб продукти зберігались протягом тривалого часу без погіршення якості, могли швидко відновлюватись. Цим умовам найбільшою мірою відповідає сублімаційне сушіння.

Підготовка матеріалів, які піддаються сублімаційному сушінню, полягає в їх попередньому заморожуванні. На необхідність цього етапу зважає більшість дослідників. Швидкість заморожування повинна забезпечити утворення дрібних кристалів льоду, які не здатні змінити структуру матеріалу [7].

Розроблена в НУХТ технологія отримання сублімованих продуктів із рослинної сировини при низьких температурах передбачає оброблення як цілих плодів та ягід, так і попередньо подрібнених [8, 9]. Цілі плоди та ягоди треба заморожувати швидко, створюючи дрібнокристалічну структуру льоду в живих тканинах і запобігаючи руйнуванню клітин. Вимога швидкого заморожування не є такою строгою при обробленні попередньо подрібнених матеріалів, оскільки в цьому разі зберігати вихідну структуру немає потреби. Навпаки, велику ефективність тут може принести повільне заморожування з утворенням великих кристалів льоду, що забезпечують інтенсивний тепло- й масообмін при сублімації.

Для з'ясування можливих змін біохімічних показників при заморожуванні плодово-ягідної сировини, ми провели відповідні дослідження для полуниць і яблук. Основним фізичним процесом, притаманним заморожуванню рослинної сировини, є перетворення води на тверду фазу, яке супроводжується зниженням температури всієї системи та виділенням теплоти льодоутворення. З цих позицій обрані нами об'єкти дослідження дали змогу установити температурні інтервали кристалізації вологи та плавлення льоду в широкому діапазоні вихідної концентрації сухих речовин заморожуваного матеріалу. Для досліджень використали полуницю сорту «Мелітопольська» та яблука «Слава переможцю». Результати наведено в таблиці.

Аналіз табличних даних свідчить про те, що основні показники біохімічного складу заморожених продуктів і вихідної сировини практично не відрізняються. Фолієвої кислоти, однієї з найцінніших сполук, у полуницях міститься більше, ніж у винограді й малині. Заліза в полуницях також незначна кількість. Очевидно, її кровотворна дія пов'язана не лише з залізом, а з цілим «гематогенним» комплексом сполук — вітамінами групи В, вітаміном С й залізом.

Багатим джерелом вітамінів вважають фрукти, 250 г яких забезпечують чверть добової профілактичної потреби людини хоча б у одному вітаміні, а достатнім джерелом вітамінів є яблука, що містять 8...10 мг% вітаміну С та 40...50 мг% Р-активних сполук. Тому досліджуваний нами сорт яблук належить до сировини, придатної для профілактичного та оздоровчого харчування. Зі сказаного очевидно, що бажана добова норма плодів для людини — 250 г — має розглядатися не просто як набір фруктів і ягід. Наприклад, при порівнянні як джерел вітаміну С та Р яблук сорту «Ренет Симиренко» (5 і 50 мг%) та «Ренет Кічунова» (35 та 300 мг%) видно, що добова потреба у вітаміні С, яка дорівнює 75 мг, може бути забезпечена при вживанні 1,5...2 кг яблук «Ренет Симиренко» та 0,3...0,4 кг сорту «Ренет Кічунова».

Біохімічний склад заморожених плодів полуниці та яблук

Показники	Вміст у сировині, %			
	полуниця		яблука	
	свіжа	заморожена	свіжі	заморожені
Сухі речовини	18,5	18,2	21,6	20,9
Цукор	9,5	9,6	7,9	7,3
Органічні кислоти	1,0	1,1	2,4	2,3
в т.ч. в перерахунку на лимонну	0,7	0,7	1,2	1,2
Білок	0,6	0,6	0,4	0,4
Азотні речовини	1,4	1,3	0,9	0,9
Безазотисті екстрактивні речовини	6,6	6,4	8,3	8,2
Пектинові речовини	1,3	1,3	2,4	2,4
Клітковина	2,1	2,1	1,3	1,3
Дубильні речовини	0,25	0,23	0,2	0,18
Мінеральні елементи, мг%,	1,8	1,8	3,6	3,6
в тому числі залізо	1,1	1,1	2,4	2,4
Вітамін С, мг%	92,0	85,0	24,0	26,6
Фолієва кислота, мкг	85,0	85,0	76,5	76,5
Речовини Р-вітамінної активності, мг%	25,5	25,5	55,6	55,6

Головний біокомпонент яблук — антиоксиданти. Ці речовини захищають організм людини від різних хвороб цивілізації — інфарктів, інсультів, багатьох видів раку. На відміну від вітамінів, антиоксиданти поліфенольної природи не руйнуються при зберіганні. Особливо багато цих речовин у шкірці плодів. Наприклад, флавоноїдів у шкірці яблука в 2...3 рази більше, ніж у м'якоті, а фенольних кислот більше в 2...6 разів. Нещодавно американські дослідники з Корнуельського університету (Нью-Йорк) виявили у шкірці яблук ще одну групу речовин — тритерпеноїди, які мають сильну протипухлинну дію та блокують розмноження злоякісних клітин.

При підборі фруктів для заморожування слід мати на увазі, що найкориснішими є дрібні, кислі та дики яблука. Вони містять у 10 разів більше цінних біологічно активних речовин, ніж культурні сорти.

Яблука з низькою цукристістю й високим вмістом вітаміну С корисні при діабеті. Установлено, що пектин яблук затримує розвиток вірусу грипу А. У США проведено цікаві дослідження з використання яблук для профілактики застудних захворювань, найчастіше грипу та бронхітів. Включення до раціону 2...3 яблук щоденно знизило кількість застудних захворювань у тричі, а кількість випадків гіпертонічних кризів — у 6 разів. Яблучні пектини здатні адсорбувати й виводити з організму радіонукліди, токсичні сполуки, важкі метали. Яблучний сік зміцнює серцево-судинну систему, імунітет, допомагає підтримувати постійний рівень цукру в крові.

Висновки. Основним завданням харчової промисловості є отримання високоякісної, безпечної при споживанні харчової продукції, що відповідає сучасним принципам здорового харчування. Для вирішення цього завдання необхідно подальше вдосконалення технологій зберігання та перероблення сільськогосподарської сировини. Багатим джерелом необхідних для організму людини сполук є плодово-ягідна сировина, якість якої залежить від багатьох чинників. Сучасні технології перероблення такої сировини мають бути спрямовані на максимальне збереження у готових продуктах всього комплексу біологічно активних речовин. Найбільш ефективним є низькотемпературне зневоднення рослинних матеріалів. Для заморожування і наступного сублімаційного сушіння необхідно підбирати сировинні об'єкти з високим вмістом вітамінів, мінеральних елементів, інших есенціальних сполук. Отримані в роботі результати свідчать про те, що в процесі заморожування плодово-ягідних матеріалів вміст біологічно активних речовин повністю зберігається на рівні природної сировини.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Новые технологии* витаминных углеводсодержащих фитодобавок и их использование в продуктах профилактического действия / Павлюк Р.Ю., Черевко А.П., Гулый И.С., Симахина Г.А., Соколова Л.М., Дьякова Т.С., Федорова С.С. — Харьков-Киев: Пищепромиздат, 1997. — 258 с.
2. *The influence of drying upon quality* / Grouchetsky R., Simakhina G. Gulyi I., Bobrovnik L., Grinenko I. // *Proceedings of the Seventh Seminar on Inulin*. Belgium: European Fructan Association, 1998. P. 33—35.
3. *Стрингер М., Деннис К.* Охлажденные и замороженные продукты: Пер. с англ. / Под науч. ред. Н.А.Уваровой. — СПб.: Профессия, 2004. — 496 с.
4. *Белоус А.М., Грищенко В.И.* Криобиология. — К.: Наукова думка, 1994. — 431 с.
5. *Скрипников Ю.Г.* Прогрессивная технология хранения и переработки плодов и овощей. — М.: ВО «Агропромиздат», 1999. — 160 с.
6. *Скакун М.П., Посохова К.А.* Фармакологія. — Тернопіль “Укрмедкнига”, 2003. — 740 с.
7. *Пушкар Н.С.* Низкотемпературная кристаллизация в биологических системах / Н.С. Пушкар, А.М. Белоус и др. — К.: Наук. думка, 1997. — 238 с.
8. *Сімахіна Г.О.* Розроблення та вдосконалення технологій цукристих речовин та цукромістких харчових добавок : дис. ... доктора техн. наук : 05.18.05 / Сімахіна Галина Олександрівна. — К., 1999. — 456 с.
9. *Сімахіна Г.О.* Вода в біологічних об'єктах при охолодженні і заморожуванні / Г.О. Сімахіна // Наукові праці УДУХТ. — 1998. — №4. — С. 30—31.

Одержана редколегією 28.01.2011 р.

УДК 664.1-663.43

Г.О. СИМАХІНА, д-р техн. наук,

О.М. КОРИХАЛОВА

І.О. СОКОЛОВСЬКА

А.О. ОСТРОВСЬКА

Національний університет харчових технологій

ПОДРІБНЕННЯ ТА МЕХАНОАКТИВУВАННЯ СУБЛІМОВАНИХ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено доцільність використання механоактиваційних процесів для підвищення біодоступності біологічно активних речовин харчової сировини.

Ключові слова: біологічно активні речовини, амарант, механоактивування, дезінтегратор, сублімація.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования механоактивационных процессов для повышения биодоступности биологически активных веществ пищевого сырья.

Ключевые слова: биологически активные вещества, амарант, механоактивация, дезинтегратор, сублимация.

There is proved theoretically and confirmed practically the expedience of mechano-activation processes usage in increasing the biological availability of biologically active substances from food raw material.

Keywords: biologically active substances, amaranth, mechanoactivation, disintegrator, sublimation.

При отриманні харчових біодобавок підвищеної біологічної активності процеси подрібнення займають одну із ключових позицій [1]. Завдяки цим процесам готові форми харчових біодобавок набирають відтворюваних фізико-хімічних та технологічних параметрів, які визначають їх засвоюваність та біологічний ефект.

Тому метою цієї роботи є з'ясування впливу різних способів подрібнення пружнокрихких сублімованих продуктів на біологічну активність їх компонентів та проведення порівняльних досліджень ефективності звичайного та дезінтеграторного подрібнення сублімованого зерна амаранту.

Експериментальні дослідження показали, що отримання порошків із сублімованих плодів, овочів та ягід за допомогою типових технологій практично неможливе, оскільки дисперговані матеріали дуже швидко агрегують та піддаються високим локальним температурам. Це призводить до втрати вітамінів та погіршення засвоюваності біодобавок живим організмом.

Відомо також, що ККД більшості сучасних подрібнювачів менший 3 %, тобто майже вся підведена до них енергія переходить у теплоту, і що при подрібненні матеріалів спостерігається яскраво виражений процес утворення електричних зарядів. Причому, останній ефект підтверджено також і при кріоподрібненні у середовищі рідкого азоту, особливо, якщо диспергуванню піддається заморожена і несублімована сировина [2, 3].

На сьогодні вважається, що найкращі умови для подрібнення створюються у випадку, коли тривалість впливу робочого органу на матеріал дорівнює або менша періоду релаксації — часу поступового розсіювання енергії, витраченої на пружку деформацію і переходу її в теплоту [4].

© Г.О. Сімахіна, О.М. Корихалова, І.О. Соколовська, А.О. Островська, 2011

ТЕХНОЛОГІЯ

Щоб дотриматись цієї умови, кругову швидкість робочого органу довелося би збільшити до 1000 с^{-1} . Однак, дослідження показали, що вже при швидкості близько 120 с^{-1} у зоні контакту з робочим органом відбувається тривале підвищення температури до $140...150 \text{ }^{\circ}\text{C}$, що призводить до погіршення якості диспергованих рослинних продуктів.

Зазначені передумови, позитивні результати власних експериментальних досліджень із вивчення ефективності дезінтеграторного подрібнення матеріалів визначили напрям пошуку вирішення проблеми подрібнення сублімованих матеріалів з одночасним активуванням їх біокомпонентів [5]. Він ґрунтується на дезінтеграторному диспергуванні сухих сублімованих продуктів.

При диспергуванні пружнокрихких сублімованих продуктів енергія витрачається, в основному, на корисну роботу подолання поверхневих сил зчеплення, що супроводжується появою нових поверхонь. Тому енерговитрати в останньому випадку значно знижуються і не перевищують $3...5 \text{ кВт-год/т}$. Таким чином, ефективність процесу подрібнення зростає із зменшенням пружних властивостей матеріалу.

Подрібнення сублімованого зерна амаранту проводили у повітряному середовищі при кімнатній температурі. Седиментаційний аналіз зразків показав, що вже в результаті одноразового помелу у дезінтеграторі доля часток розмірами $80...100 \text{ мкм}$ складає $80...84 \%$ загальної маси. Максимальний розмір часток — $90...105 \text{ мкм}$, що відповідає вимогам дисперсності до порошкоподібних харчових продуктів.

В таблиці 1 наведено порівняльні дані вмісту вільних і зв'язаних амінокислот недосліджених у літературі кріопорошків зерна амаранту, отриманих звичайним подрібненням і методом дезінтеграції. Аналіз табличних даних свідчить про те, що при подрібненні в дезінтеграторі сублімованих порошків із зерна амаранту вміст вільних незамінних амінокислот збільшується на: лізину — $53...56 \%$, метіоніну — $48...58 \%$, валіну — $56...64 \%$, глютамінової кислоти — майже на 200% .

Таблиця 1. Масова частка вільних та зв'язаних амінокислот в кріопорошку зерна амаранту, мг/г препарату

Амінокислоти	Звичайне подрібнення		Дезінтеграторне подрібнення	
	вільні	зв'язані	вільні	зв'язані
Лізін	0,47	4,8	0,89	4,0
Гістидин	0,78	1,9	0,89	1,7
Фенілаланін	0,66	4,39	0,56	4,2
Тирозин	0,44	3,1	0,61	2,9
Лейцин	0,34	5,6	0,31	4,6
Ізолейцин	0,30	3,5	0,44	3,3
Метіонін	0,07	0,6	0,14	0,44
Валін	0,74	2,5	1,35	1,4
Цистин	0,01	1,0	0,02	0,45
Аланін	0,25	2,9	0,145	2,59
Гліцин	0,166	14,4	0,852	8,7
Пролін	0,01	3,6	0,01	1,6
Глютамінова к-та	0,92	47,3	2,2	47,3
Сірін	0,32	4,8	0,38	4,5
Триптофан	0,27	3,5	0,29	3,4
Аспарагінова, к-та	0,27	6,8	0,35	6,8
Аргінін	—	5,7	—	4,3
Треонін	—	0,91	—	1,0

Біокомпоненти таких порошків переходять у легкозасвоювану форму, підвищується їх біодоступність, що ілюструється даними ферментативного гідролізу білків зерна амаранту пепсином та хімотрипсином (табл. 2).

Таблиця 2. Результати ферментативного гідролізу свіжого і обробленого зерна амаранту

Дослідний зразок	Оптична густина гідролізатів при дії ферментів, Д			
	1 год.	2 год.	3 год.	4 год.
Пепсин				
Свіже зерно	0,186	0,252	0,338	0,376
Сублімоване зерно	0,268	0,356	0,422	0,484
Механоактивоване зерно	0,294	0,389	0,546	0,529
Хімотрипсин				
Свіже зерно	0,451	0,549	0,582	0,588
Сублімоване зерно	0,592	0,710	0,798	0,804
Механоактивоване зерно	0,615	0,727	0,811	0,815

Аналіз даних таблиці 2 дає змогу зробити ряд висновків. Білок контрольного зразка (свіже зерно амаранту) перетравлюється гідролітичними ферментами меншою мірою, ніж сублімованого зерна, а, тим паче, дезінтегрованого.

Тобто, позитивні зміни, які відбулись у матеріалі під дією низьких температур і сприяли переходу значної частини білка (22...28 %) з важкорозчинного у легкорозчинний стан посилено механоактивуванням сублімованого зерна. Тому можна говорити про конформаційні та деструктивні зміни біополімерів рослинної сировини, що є наслідком як низькотемпературного шоку, так і механохімічних перетворень при подрібненні у дезінтеграторі.

Кріопорошок зерна амаранту перетравлюється найкраще пепсином, і дещо меншою мірою хімотрипсином. Враховуючи той факт, що пепсин прискорює гідролітичний розклад певних пептидних зв'язків і, в першу чергу, в ароматичних і дікарбонових кислотах, вірогідно, що впливу низьких температур та механодеструкції зазнають, перш за все, фенілаланін, тирозин, аспарагінова та глютамінова кислоти.

Оскільки сума цих складових переважає 10 % від загального вмісту амінокислот у зерні амаранту, то зрозуміло, чому завдяки деструктивним змінам відчутним є підвищений ефект біологічної дії сублімованих та диспергованих матеріалів порівняно із свіжими зразками.

У свіжих матеріалах завдяки значній кількості зв'язаної води молекули біополімерів міцно агреговані, що веде до утворення малорозчинних комплексів, які важко піддаються дії протеолітичних ферментів.

Температурний шок, якого зазнають клітини рослин при швидкому зниженні температури нижче нуля, і подальша механодеструкція сублімованих матеріалів сприяють руйнуванню цих агрегатів, вивільненню значного числа білкових молекул, деградації зв'язків і збільшенню числа вільних амінокислот, що сприяє підвищенню біологічної цінності отриманих продуктів.

Можна говорити і про те, що дезінтеграторне подрібнення приводить до вивільнення ряду активних груп (сульф-гідрильних, залишків тирозину тощо), що знаходяться у нативному білку всередині глобули. Тому вони легше піддаються ферментному гідролізу.

Порошок із зерна амаранту багатий на білок. Його на 6 % більше, ніж у борошні із злакових культур, однак втричі менше, ніж у соєвому. Вміст ліпідів в 5...6 разів вищий, ніж у борошні із злакових і співставний з соєвим знежиреним борошном. Вуглеводи, як і в інших продуктах із зернових та зернобобових, представлено переважно крохмалем.

Ми вивчили гідроліз білків рослинних матеріалів у дослідях *in vitro*, результати яких представлено у таблиці 3, порівняно з казеїном (контроль).

ТЕХНОЛОГІЯ

Таблиця 3. Перетравлюваність *in vitro* білків рослинних матеріалів (ммоль NH₂ на 1 г білка)

Рослинні матеріали	Стадія протеолізу			
	пепсинова	трипсинова	пептидазна	загальний протеоліз
Казеїн	3,9 ± 0,51	10,37 ± 0,79	15,77 ± 0,85	30,01 ± 1,70
Кріопорошок зерна амаранту	1,24 ± 0,14	11,07 ± 0,56	16,52 ± 2,32	29,44 ± 1,16
Кріопорошок буряка	2,37 ± 0,85	11,67 ± 0,71	13,24 ± 0,46	27,28 ± 1,51
Кріопорошок моркви	3,24 ± 0,90	12,42 ± 0,20	14,25 ± 0,81	28,72 ± 0,95

З даних таблиці видно, що для білків кріопорошку амаранту характерний більш низький рівень протеолізу на пепсиновій стадії порівняно з казеїном. Зате, трипсинова і пептидазна стадії протеолізу і загальний протеоліз білків амаранту практично не відрізняються від легкогідролізованого білка казеїну. Білки овочевих кріопорошків теж можна віднести до легко перетравлюваних, оскільки показники їх протеолізу на всіх стадіях майже відрізняються від контрольного білку.

Результати визначення важких металів в сублімованих та дезінтегрованих рослинних порошках наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Вміст токсичних елементів в дезінтегрованих кріопорошках (г/кг)

Показники	Рослинні дезінтегровані кріопорошки		
	амарант	буряк	морква
Свинець	0,5 ± 0,04	0,15 ± 0,003	0,49 ± 0,002
Кадмій	0,05 ± 0,003	0,075 ± 0,0004	0,13 ± 0,001
Мідь	1,4 ± 0,03	1,13 ± 0,005	4,58 ± 0,03
Цинк	3,0 ± 0,09	14,22 ± 0,08	16,27 ± 0,09
Ртуть	—	—	—
Миш'як	0,08 ± 0,005	0,24 ± 0,001	0,016 ± 0,0001

Таким чином, рівень важких металів і миш'яку в амаранті не перевищує аналогічні показники для зернових і зернобобових культур. Диспергування рослинних порошків у дезінтеграторі не привносить у подрібнений продукт ніяких шкідливих домішок.

Висновки. Важливим з точки зору технології отримання нових харчових продуктів є можливість підвищити біодоступність біологічно активних речовин і їх засвоюваність живим організмом. На сьогодні відомо, що при застосуванні різних форм механічної дії, спрямованої на руйнування дисперсної структури харчових продуктів, створюється можливість для керування їх структурно-механічними властивостями, а значить і ступенем засвоюваності. Досить важливо простежити, до яких наслідків приводять механічні впливи на біологічно активні речовини рослинної сировини. Отримані експериментальні дані свідчать про те, що подрібнення матеріалів дає можливість збільшити вихід вільних амінокислот, поліпшити перетравлюваність білків, а значить і підвищити біодоступність біологічно активних речовин і, відповідно, їх лікувальний та оздоровчий ефекти, вдосконалити технологію отримання лікарських препаратів та оздоровчих продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Е.Г. Аввакумова.* Механические методы активации химических процессов. — Новосибирск: Наука, 1986. — 305 с.
2. *Interatomic Potentials for CaCP₃ Polymorphs (Calcite and Aragonite), Fitted to Elastic and Vibrational Data / Pavese A., Catti M., Price G.D., Jacson R.A.* Physics and Chemistry of Minerals. — 1992. — № 2. — Р. 80-87.
3. *Веркин Б.И., Зиновьев М.В., Повстаный Л.В.* Криогенное измельчение фармацевтических и пищевых продуктов. — Харьков: 1985. — 25 с. (Препр. /АН УССР.ФТИНТ; 1—85).

ТЕХНОЛОГІЯ

4. *Павлюк Р.Ю., Черевко А.И., Українець А.И.* Новые фитодобавки и их использование в продуктах питания. — Харьков-Киев: ХГУПТ, 2003. — 286 с.

5. *Бандуренко Г.М., Симахина Г.А., Кислая Л.В.* Перспективы использования процессов механоактивирования растений для расширения ассортимента безалкогольных напитков профилактического направления: Сб. научн. тр. — Одесса: НПО «ВОТУМ», 1998. — С. 89-92.

Одержана редколлегією 31.01.2011 р.

Т.Г. ОСЬМАК, асист.

Т.А. СКОРЧЕНКО, канд. техн. наук,

Н.О. КАСЬЯНОВА, канд. техн. наук,

Національний університет харчових технологій

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ МОРОЗИВА «СИРОК»

Системний аналіз технологічного процесу виробництва морозива «Сирок» проведено шляхом розробки параметричної схеми підсистеми фризирования суміші, організації ортогонального композиційного планування другого порядку та статистичного опрацювання результатів. Визначено оптимальну дозу внесення сиру кисломолочного у рецептурах морозива «Сирок», вона становить 47 %.

Ключові слова: моделювання, системний аналіз, параметрична схема, дисперсія, рівняння регресії.

Системний аналіз технологического процесса производства мороженого «Сырок» проведено путем разработки параметрической схемы подсистемы фризирования смеси, организации ортогонального композиционного планирования второго порядка и статистической обработки результатов. Определена оптимальная доза внесения творога, которая составляет 47 %.

Ключевые слова: моделирование, системный анализ, параметрическая схема, дисперсия, уравнение регрессии.

A systematic analysis of the technological process of production of ice cream "Syrok" carried out by developing a parametric circuit subsystem freezing mixture, an organization of orthogonal planning composite second order and statistical analysis of results. The optimum dose of cheese, which is 47 %.

Key words: modeling, system analysis, parametric scheme, the variance, the regression equation.

Важливим етапом моделювання технологічного процесу є системний аналіз досліджуваної технологічної системи [2, 3, 6]. Технологію систему виробництва морозива потрібно розглядати, як складну велику систему, яку доцільно аналізувати виділенням у ній більш простих підсистем.

Морозиво «Сирок» виробляють у такій послідовності технологічних операцій: приймання і підготовка молочної основи з фруктозою; виготовлення і підготовка сиру кисломолочного знежиреного; змішування молочної основи з сиром кисломолочним знежиреним, фризирования суміші. Передбачається використання сиру кисломолочного знежиреного, який отриманий на високотехнологічній лінії із застосуванням сепаратора для відділення сироватки від білкового згустку. Для забезпечення надходження у фризир однорідної суміші, без наростання титрованої кислотності, змішування молочної основи з сиром кисломолочним знежиреним здійснюється безпосередньо перед фризирования суміші [4, 7, 8].

Метою проведеної роботи було встановити оптимальну дозу сиру кисломолочного знежиреного у складі рецептур морозива «Сирок».

Для встановлення оптимальної дози внесення сиру кисломолочного доцільно розглянути підсистему фризирования суміші (рис. 1).

Проаналізувавши підсистему фризирования суміші морозива з фруктозою і сиром кисломолочним, доведено, що головними керуючими параметрами даної підсистеми, які суттєво впливають на якісні характеристики продукту і формують властивості морозива під час фризирования є: доза сиру кисломолочного, тривалість фризирования та температура суміші.

© Т.Г. Осьмак, Т.А. Скорченко, Н.О. Касьянова, 2011

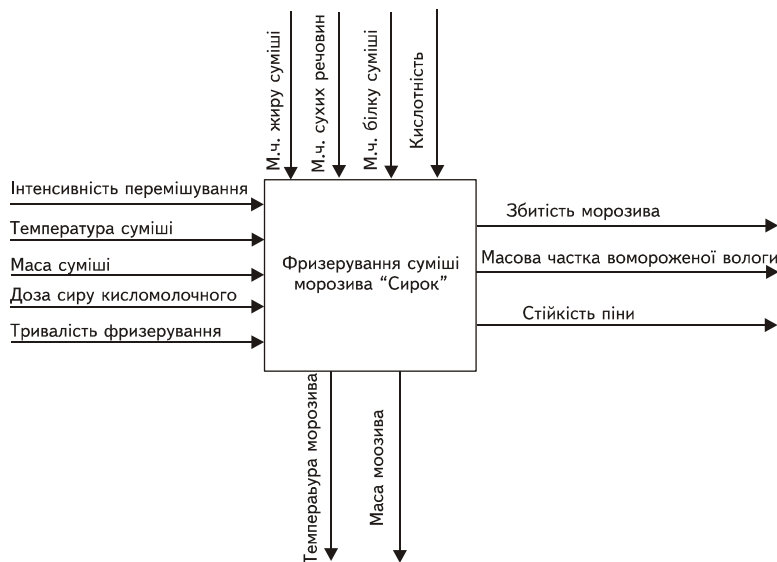


Рис. 1. Параметрична схема підсистеми фризера суміші морозива «Сирок»

Вибір цільової функції підсистеми залежить від цілей функціонування системи (якість або кількість продукту) [1, 2, 3]. Мета даної підсистеми — створити оптимальні умови для проведення процесу фризера суміші. Вихідним керованим показником, який найбільш повно характеризує дану технологічну операцію є показник збитості (Зб, %).

Найбільш повно дослідити як міру впливу кожного із показників, так і їх взаємодію дозволяє проведення ортогонального композиційного планування другого порядку (ОКП) [1,2,3]. Вихідними даними для проведення ОКП є:

- x_1 — доза сиру кисломолочного 45%, інтервал варіювання 5 %;
- x_2 — температура суміші 3°C, інтервал варіювання 3 °C;
- x_3 — тривалість фризера 6 хв, інтервал варіювання 2 хв.

Кількість дослідів для ОКП розраховується за формулою (1):

$$N = N_0 + 2k + n_0 \quad (1)$$

де N — кількість дослідів, n_0 — кількість дослідів в центрі планування, k — число факторів, N_0 — число дослідів повного факторного експерименту 2^k .

Тобто, $N = 8 + 2 \cdot 3 + 1 = 15$.

Натуральні значення факторів перевели у кодовані змінні за формулою (2) [1,2,5,6,10]:

$$x_i = \frac{c_i - c_{i0}}{\alpha_i}, \quad (2)$$

де C_i , C_{i0} — значення фактору у натуральних величинах, відповідно на верхньому, нижньому та нульовому рівні; α_i — інтервал варіювання фактора; i — номер фактора.

Матриця ОКП представлена в таблиці 1.

Перевірку однорідності отриманих даних проведено за формулою (3) [2,5,6,10]

$$S_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{m - 1} \quad (3)$$

ТЕХНОЛОГІЯ

Таблиця 1. Матриця планування експерименту в кодованих змінних

Номер опиту	X1	X2	X3
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1
9	-1.215	0	0
10	1.215	0	0
11	0	-1.215	0
12	0	1.215	0
13	0	0	-1.215
14	0	0	1.215
15	0	0	0

Для перевірки гіпотези про однорідність оцінок дисперсій користувались критерієм Кохрена, який визначається за формулою (4) [2, 5, 6, 10]

$$G_{\max} = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{n=1}^N S_u^2} \quad (4)$$

Після реалізації експерименту здійснено статистичне опрацювання результатів, яке полягало в одержанні коефіцієнтів регресії математичної моделі й оцінці її адекватності досліджуваному процесу. Відомо, що один з факторів більше впливає на зміну стану системи ніж інший [5, 6]. Отже, на основі результатів досліджень було поставлено за мету визначити коефіцієнти регресії, провести оцінку їх значущості і перевірити адекватність отриманої моделі.

Коефіцієнти рівняння регресії розраховували за формулами (5) та (6) [2, 5, 6, 10].

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^N x_{iu} \cdot y_u}{N} \quad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot y_u}{N} \quad (6)$$

Коефіцієнти рівняння регресії вважаються значимими, якщо виконується наступна нерівність:

$$t_{ip} < t_{\text{табл.}}$$

де t_{ip} — розрахунковий критерій Стюдента; $t_{\text{табл.}}$ — табличне значення критерію Стюдента.

Провели розрахунок критерія Стюдента для кожного з коефіцієнтів регресії за формулою (7) [2, 5, 6, 10]:

$$t_{ip} = b_i / s_{bi} \quad (7)$$

Перевірку адекватності рівняння регресії проводили за критерієм Фішера.

Дисперсію адекватності розраховували за формулою (8) [2, 5, 6, 10]:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{n=1}^N (\bar{y}_u - y_u)^2}{f} \quad (8)$$

Перевірку адекватності рівняння проводили за формулою (9) [2, 5, 6, 10]:

$$F = \frac{S_{\sigma}^2}{S^2} \quad (9)$$

Результати експерименту представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати планування експерименту

	Ycp				(Ycp-Yi)	Yp	(Yp-Ycp)
1	43	44	46	46	8	45,28381	0,512916
2	22	22	22	22	0	17,34934	21,66021
3	43	43	43	43,33333	0,666666	52,95120	21,32474
4	25	25	22	24	6	25,01333	1,026846
5	44	46	42	44	8	43,80791	3,688617
6	38	32	31	30,33333	8,666666	30,53670	0,041360
7	44	52	49	48,33333	32,66666	51,47529	9,601939
8	101	102	106	103	14	96,20409	23,00072
9	38	36	35	36,33333	4,666666	68,46360	61,83818
10	34	34	38	35,33333	10,66666	59,89509	20,71653
11	68	67	67	67,33333	0,666666	70,25995	8,556652
12	34	34	35	34,33333	0,666666	78,07472	22,64435
13	33	30	35	32,66666	12,66666	50,98158	2,839487
14	74	74	76	74,66666	2,666666	74,54836	1,399607
15	38	32	34	31,33333	18,66666	94,17735	8,068426
сума					128,6667	202,1773	
					8,577778	25,27216	

b ₀	94,1773512338	Рассчитаны
b ₁	4,69773125343	5,30931165
b ₂	3,83369322236	4,33197160
b ₃	17,9387130981	20,2993639
b ₁₂		0,9673416
b ₁₃	18,9999999999	18,0270379
b ₂₃	1,52907910	1,52907910
b ₁₁	0,39069574	0,39069574
b ₂₂	13,047173202	9,30340369
b ₃₃	29,05288806	20,0033765

Посчитать коэф. Показать план Табличный Следител 4,3

Рассчитанный Физмер 2,946239897999

Як видно, для коефіцієнтів b_{12} , b_{23} , b_{11} умова $t_{ip} > t_{\text{табл.}}$ не виконується, тобто коефіцієнти необхідно вважати не суттєвими [2, 5, 6, 9, 10].

Рівняння регресії в кодованій формі набуло вигляду:

$$y := 92,686 + 4,667x_1 + 3,803x_2 + 17,196x_3 + 1,042x_1 \cdot x_2 + 18,708x_1 \cdot x_3 + \\ + 1,625x_2 \cdot x_3 + 1,684x_1^2 - 11,855x_2^2 - 29,004x_3^2$$

На рис. 2, 3, 4 відображені отримані поверхні і лінії рівня побудовані у відповідності до рівняння регресії.

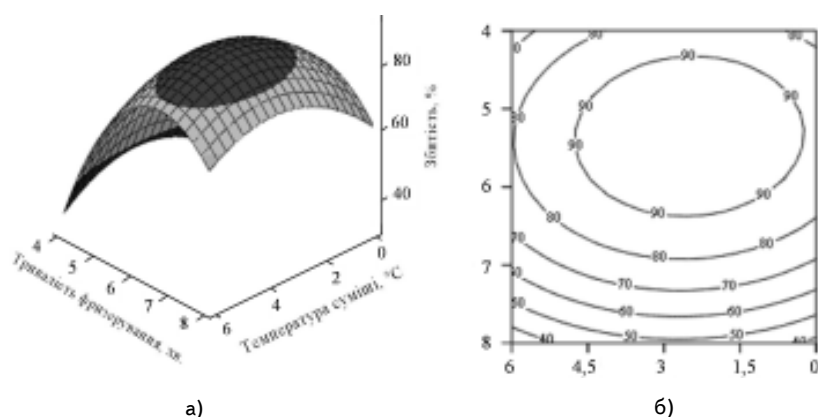


Рис. 2. Вплив тривалості і температури фризера на збитість морозива:
а) графік поверхні, б) графік контуру.

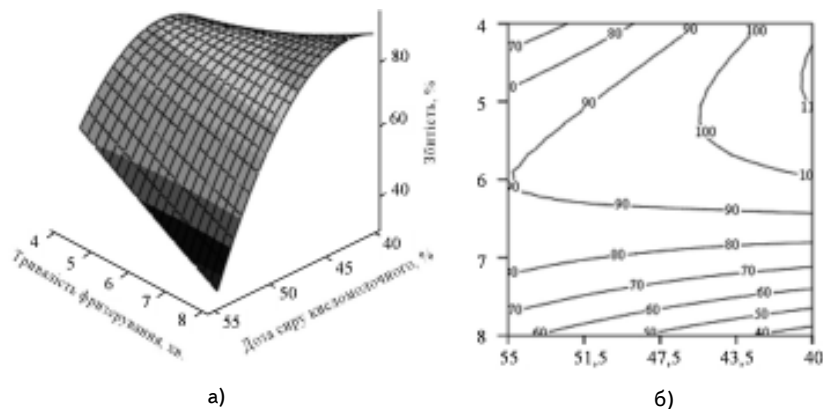


Рис. 3. Вплив дози сиру кисломолочного і тривалості фризирования на збитість морозива:
а) графік поверхні, б) графік контуру.

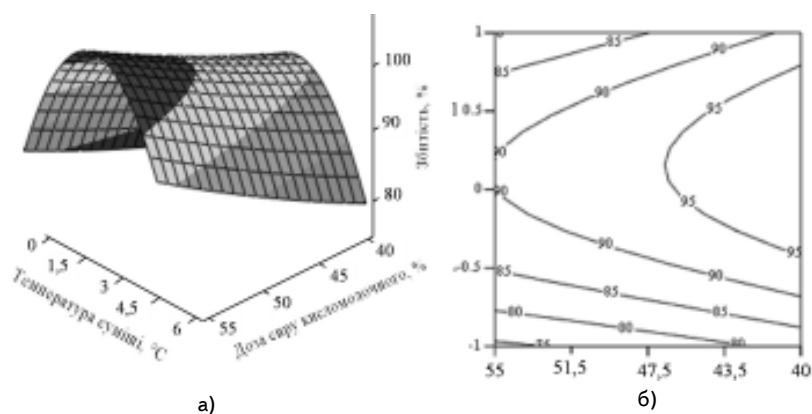


Рис. 4. Вплив дози сиру кисломолочного і температури фризирования на збитість морозива:
а) графік поверхні, б) графік контуру.

Для встановлення оптимальних параметрів фризирования складаємо програму крутого сходження за методом Бокса-Уілсона (табл.3) [3, 6] .

Таблица 3. Програма крутого сходження

Назва	Фактори	
	x_1 , %	x_2 , °C
Інтервал варіювання, λ_i	5	3
Коефіцієнт, β_i	4,667	3,803
Добуток, $\lambda_i \cdot \beta_i$	23,335	11,409
Інтервал, α_i	2,045	1
Крок крутого сходження, h_i	2	1

Згідно отриманих, завдяки програмі крутого сходження, даних, проведені додаткові дослідження, в результаті яких одержані оптимальні значення процесу фризирования (табл. 4).

Таблиця 4. Матриця планування експерименту

Номер досліду	Фактори оптимізації		Критерій оптимізації, Зб, %
	x_1 , %	x_2 , °C	
1	45	3	86
2	47	4	92
3	49	5	91

Висновки. Доведено адекватність рівняння регресії процесу фризирования суміші морозива «Сирок», оскільки виконується умова $F_p < F_p$, так як $2,737 < 3,01$. Аналіз математичної моделі підтвердив вплив дози внесення сиру кисломолочного, температури суміші та тривалості фризирования на збитість морозива. Оптимальні параметри процесу фризирования: доза внесення сиру кисломолочного — 47 %, температура суміші — 4 °C.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий — М.: Наука, 1976. — 278 с.
2. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов — М: Пищевая промышленность, 1979 — 200 с.
3. Грачев Ю.П. и др. Моделирование и оптимизация тепла и массообменных процессов пищевых производств — М.: Пищевая промышленность, 1984. — 240 с.
4. Декларацийний патент України на корисну модель № 9362 Морозиво діабетичне «Сирок» / Скорченко Т.А., Федченко Т.Г., Дорохович А.М.; опубл. 15.09.05, Бюл. № 9.
5. Мальцев П.М., Емельянова Н.А. Основы научных исследований — Киев: Вища школа, 1982. — 192 с.
6. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств — Киев, 1981. — 194 с.
7. Скорченко Т.А., Федченко Т.Г. Сир кисломолочний — компонент діабетичних видів морозива // Молочное дело. — 2006. — № 2. — С. 48-49.
8. Скорченко Т.А., Федченко Т.Г. Технологія морозива діабетичного «Сирок» // Молочное дело. — 2006. — № 3. — С. 12-14.
9. Смірнов В. та ін. Оптимізація рецептур молочних сумішей // Харчова і переробна промисловість. — 1999. — № 10. — С. 25.
10. Федоров В.Г., Плесконос А.К. Планирование и реализация экспериментов в пищевой промышленности — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 240 с.

Одержана редколлегією 03.02.2011 р.

А.В. БОРИСЕНКО, асп.,

І.В. ЛИЧ, канд. біол. наук,

М.М. АНТОНЮК, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій, м. Київ

В.Л. АЙЗЕНБЕРГ, канд. біол. наук

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ RHIZOPUS SP 2000 ФМ — ПРОДУЦЕНТА ПОЗАКЛІТИННОЇ ЛІПАЗИ

Досліджено фізіолого-біохімічні особливості нового активного продуцента екзоліпази — термотолерантного штаму *Rhizopus sp 2000 ФМ* та вивчено вплив деяких технологічних параметрів його культивування на синтез ферменту. Обрано оптимальні джерела вуглецю (соняшникова олія) та азоту (соеве борошно) для максимального синтезу ліпази.

Ключові слова: екзоліпаза, ліполітична активність, *Rhizopus sp 2000 ФМ*, оптимізація, умови культивування.

Исследованы физиолого-биохимические особенности нового активного продуцента экзOLIпaзы — термотолерантного штамма *Rhizopus sp 2000 ФМ*, изучено влияние некоторых технологических параметров его культивирования на синтез фермента. Подобраны оптимальные источники углерода (подсолнечное масло) и азота (соевая мука) для максимального синтеза липaзы.

Ключевые слова: экзOLIпaза, липолитическая активность, *Rhizopus sp. 2000 ФМ*, оптимизация, условия культивирования.

Investigated physiological and biochemical properties of new active producer of extracellular lipase — thermotolerance strain *Rhizopus sp FM 2000* and the influence of some technological parameters of its cultivation on the synthesis of the enzyme. Elected optimal carbon source (sunflower oil — 1 %) and nitrogen (soybean meal — 2 %) for maximum production of lipase.

Keywords: out-cell lipase, lipolytic activity, *Rhizopus sp 2000 ФМ*, optimization, conditions for cultivating.

Серед ряду біологічно активних речовин ферменти посідають одне із провідних місць у практичному застосуванні в різних галузях промисловості, народного господарства та медицини. Використання ферментів у народному господарстві вигідне як з економічної, так і з екологічної точок зору. Основну частину ферментів світового ринку складають гідролази [5]. Ліпази як гідролітичні ферменти широко використовуються для очищення стічних вод від жирів, при переробленні побутових відходів, у сільському господарстві, харчовій промисловості. Не менш перспективним є впровадження термостабільних ліпаз у вітчизняне виробництво мийних засобів [2].

Біотехнологічний спосіб одержання ферментних препаратів залишається найдоцільнішим за економічністю та ефективністю. Тому пошук нових продуцентів ензимів серед мікроорганізмів, зокрема мікроскопічних грибів, які залишаються ефективними продуцентами позаклітинної ліпази для промислових виробництв, є актуальним напрямом досліджень [4].

Визначальними факторами максимального виходу необхідного ферменту є не лише відбір високоактивного продуцента, а й створення оптимальних умов його культивування, з урахуванням складу поживного середовища, віку посівної культури, температури вирощування, рН середовища, режиму аерації. Поживне середовище має включати компоненти, які забезпечують спрямований біосинтез ферменту, тобто сполуки, які містять азот, вуглець, кисень та мінеральні речовини [3].

Метою наших досліджень було встановлення впливу основних компонентів поживного середовища на рівень біосинтезу позаклітинної ліпази *Rhizopus* sp 2000 ФМ, розроблення оптимізованого поживного середовища за ознакою цільової (ліполітичної) активності продукту та оптимізація умов культивування *Rhizopus* sp 2000 ФМ — перспективного продуцента екзопліпази.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили з використанням мікроміцету *Rhizopus* sp 2000 ФМ з колекції штамів мікроорганізмів Інституту мікробіології та вірусології НАН України. Культуру вирощували глибинно на поживному середовищі у колбах Ерленмеєра (об'єм 0,75 см³) за різних температурних режимів (26—28 °С; 38—40 °С та 42 °С) при безперервному перемішуванні (160 та 220 об/хв). Як посівний матеріал для ферментаційного середовища використовували 0,5 мл водної суспензії конідій штаму *Rhizopus* sp 2000 ФМ, вирощеного на сусло-агарі упродовж двох тижнів. Вирощування мікроміцетів для інокулюму та основного ферментаційного середовища проводили на підібраних середовищах глибинним способом.

Накопичення біомаси визначали ваговим методом за сухою масою міцелію. Культуральну рідину відокремлювали центрифугуванням, з подальшим висушуванням до постійної маси міцелію у сушильній шафі за температури 100±2 °С.

Визначення рН культуральної рідини проводили потенціометрично. Ліполітичну активність (ЛА) визначали спектрофотометричним методом, суть якого полягає у дії ліпази на хромогенний субстрат — фенольний ефір пальмітинової кислоти з вивільненням у результаті реакції п-нітрофенолу (пНФ), що викликає зміну оптичної густини реакційної суміші. Емульгатором слугував дезоксихолат натрію, захисним колоїдом — гумміарабік.

Значення ліполітичної активності розраховували за формулою (2). За одиницю активності приймають таку кількість ферменту, що каталізує вивільнення 1 моль п-нітрофенола з емульгованого субстрату за 1 хв при 37 °С [1]:

$$ЛА = \frac{\Delta E \times V_z}{\varepsilon \times d \times V_n}, \quad (1)$$

де ЛА — ліполітична активність, нмоль/хв мл; ΔE — зміна величини екстинції за 1 хв; V_z — загальний об'єм реакційної суміші, мл; ε — коефіцієнт екстинції п-нітрофенолу при зазначених умовах; $\varepsilon = 0,015$ нмоль; $d = 0,5$ см; V_n — об'єм проби ферменту для реакції, мл; $V_n = 10,1$ мл;

$$ЛА = 222,2 \cdot DE, \quad (2)$$

Всі експерименти проводили у трьох повторностях. У таблицях наведено середні арифметичні величини. Відхилення від середнього значення не перевищувало 5 %.

Результати досліджень та їх обговорення.

Оптимальний склад середовища для культивування продуценту визначали методом емпіричного підбору, оскільки середовище містить соєве борошно — компонент змінного складу. При підборі складу оптимального поживного середовища вивчали фізіологічні та біосинтетичні особливості продуценту за основними факторами — джерелами вуглецевого та азотного живлення.

Із літературних джерел відомо, що вибіркковість відносно джерел вуглецю та азоту в поживному середовищі є видовою особливістю мікроорганізмів, а підбір середовища культивування визначає вихід цільового продукту.

Ліпаза має індукцибельну природу, тому до складу поживного середовища обов'язково включають речовину, що може бути індуктором біосинтезу певного ферменту, у даному випадку — жир, що міститься у рослинних оліях.

ТЕХНОЛОГІЯ

Для культивування *Rhizopus* sp 2000 ФМ використовували рідкі поживні середовища з мінеральною основою середовища Чапека та різними джерелами вуглецю у концентраціях 0,5; 1,0 та 2,0 %. Вплив компонентів вуглецевого живлення на ліпазну активність та ріст досліджуваної культури визначали експериментально при використанні таких джерел вуглецю: рослинних олій (соняшникової, оливкової, лимонної, реп'яхової, рапсової, рицинової, горіхової та кукурудзяної), вуглеводів (глюкози, арабінози, мальтози, ксилози, сахарози, лактози та крохмалю), багатоатомних спиртів та поверхнево-активних речовин (інозиту, сорбіту, дульцину, твіну-20).

Результати, отримані при культивуванні гриба *Rhizopus* sp 2000 ФМ на середовищах із різними оліями, як джерелами вуглецю (концентрація 0,5—2,0 %) показали, що найвищий рівень ЛА в гриба досягнуто на середовищі із соняшниковою олією 1% — 58,33 од./мл. Наявність у складі поживного середовища соєвої, рицинової, горіхової олій у концентрації 1% індукує синтез екзоліпази грибом *Rhizopus* sp 2000 ФМ у межах від 16,66 од./мл до 9,1 од./мл. Достатньо висока ЛА даного штаму відмічена на середовищах з використанням 1% сахарози — 33,3 од./мл і крохмалю 2% — 34,1 од./мл. У результаті культивування *Rhizopus* sp 2000 ФМ на середовищах з багатоатомними спиртами і твіном-20, як джерелами вуглецю, було зафіксовано слабкий ріст культури і відсутність ЛА.

При культивуванні на випробуваних середовищах гриб *Rhizopus* sp 2000 ФМ відрізнявся помірним ростом. На середовищі з соняшниковою олією у кількості 2 % при максимальному значенні ЛА рівень накопичення біомаси склав 2,0 г/л. Максимальний рівень біомаси спостерігався при культивуванні гриба на середовищі з 2% горіхової олії — 3,3 г/л, при порівняно невисокій ЛА — 15,2 од./мл. Прямої кореляції між рівнем накопичення біомаси грибом *Rhizopus* sp 2000 ФМ і ліполітичної активності не встановлено. Ріст культури *Rhizopus* sp 2000 ФМ на середовищі із соняшниковою олією супроводжувався підкисленням середовища від рН 7,0 (на початку культивування) до 5,0.

Результати експериментів підтверджують, що соняшникова олія є ефективним індуктором біосинтезу екзоліпази. Високі значення ЛА на середовищі із сахарозою і крохмалем є показниками фізіолого-біохімічних особливостей гриба *Rhizopus* sp 2000 ФМ.

Максимальна активність ліпази *Rhizopus* sp 2000 ФМ відмічена при вирощуванні культури на середовищі з 1% соняшникової олії (58,33 од./мл). Збільшення концентрації даного компоненту до 2% і вище призводило до зниження ферментативної активності ферменту, але стимулювало ріст мікроміцета *Rhizopus* sp 2000 ФМ, що виявлялося у збільшенні накопичення біомаси.

Вплив джерел азоту на ріст та біосинтез екзоліпази грибом *Rhizopus* sp 2000 ФМ досліджували при культивуванні мікроміцету на рідких поживних середовищах з азотовмісними компонентами органічного та неорганічного походження: соєве борошно, пептон, казеїн та натрію нітрат, натрію нітрит, амонію сульфат, амонію хлорид, амонію ацетат, амонію карбонат, сечовина.

Результати, отримані після культивування *Rhizopus* sp 2000 ФМ показали, що найвища активність ліпази становила 294,9 од./мл і отримана на середовищі з вмістом соняшникової олії 1 % та соєвого борошна 2 %. Досить висока ЛА штаму *Rhizopus* sp 2000 ФМ була одержана на середовищі з вмістом соняшникової олії 1 % та 1 % казеїну — 65,35 од./мл. На середовищах з неорганічними джерелами азоту, включаючи нітрати та нітрити, активність ліпази відмічена у слідових кількостях.

На основі аналізу експериментальних даних для продуцента ліпази — гриба *Rhizopus* sp 2000 ФМ визначено склад вихідного поживного середовища, адаптованого за джерелами вуглецевого та азотного живлення, що забезпечує гарний ріст гриба та високий рівень біосинтезу ферменту культурою (%):

- соєве борошно — 2,0;
- соняшникова олія — 1,0;
- калій фосфорнокислий однозаміщений (KH_2PO_4) — 0,05;
- магнію сульфат (MgSO_4) — 0,05,
- калію хлорид (KCl) — 0,05.

Одним із етапів досліджень було встановлення оптимальних технологічних параметрів культивування продуцента *Rhizopus* sp 2000 ФМ: кількість посівного матеріалу, рН середовища культивування, температури культивування, об'єму середовища та інтенсивності перемішування.

ТЕХНОЛОГІЯ

На першому етапі наших досліджень проводили вивчення впливу швидкості перемішування і кількості поживного середовища на накопичення ферменту ліпази продуцентом *Rhizopus* sp 2000 ФМ (Рис. 1, 2).

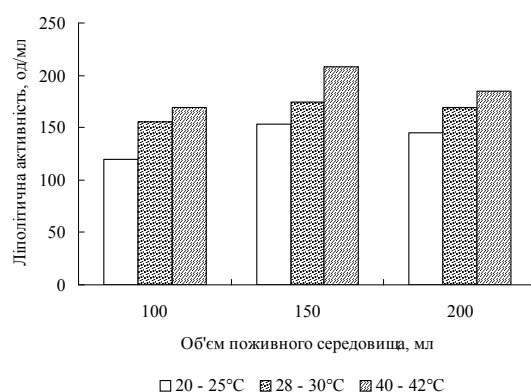


Рис. 1. Вплив температури та об'єму поживного середовища на біосинтез екзоліпази *Rhizopus* sp 2000 ФМ за швидкості перемішування 160 об/хв.

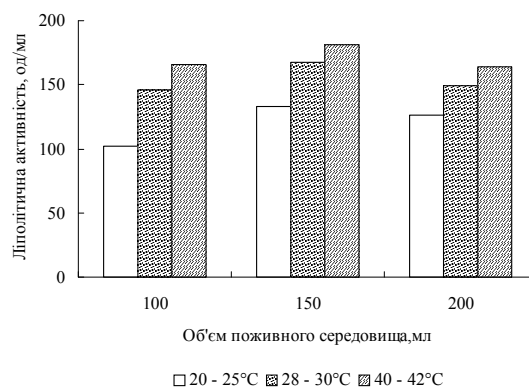


Рис. 2. Вплив температури та об'єму поживного середовища на біосинтез екзоліпази *Rhizopus* sp. 2000 ФМ за швидкості перемішування 220 об/хв

У результаті проведених експериментів встановлено, що збільшення об'ємів поживного середовища та інтенсивності перемішування спричиняють зниження синтезу ферменту, незалежно від температури культивування.

На наступному етапі наших досліджень проведено ряд експериментів із визначення впливу віку й оптимальної кількості інокуляту на накопичення ліпази в культуральній рідині *Rhizopus* sp 2000 ФМ (Рис. 3, 4). Для вирощування посівного матеріалу та ферментації використовували поживне середовище адаптоване за джерелами вуглецю та азоту.

Для визначення оптимального віку посівного матеріалу досліджуваного мікроміцета *Rhizopus* sp 2000 ФМ штам вирощували від 12 до 96 год. Через кожні 12 год визначали ліполітичну активність у культуральній рідині. Результати по визначенню оптимального віку інокулюму наведено на Рис 3. Встановлено, що оптимальний вік інокулюму для внесення у поживне середовище, складає 24 год. Тому подальші дослідження були направлені на встановлення оптимальної концентрації 1-добового інокулюму.

ТЕХНОЛОГІЯ

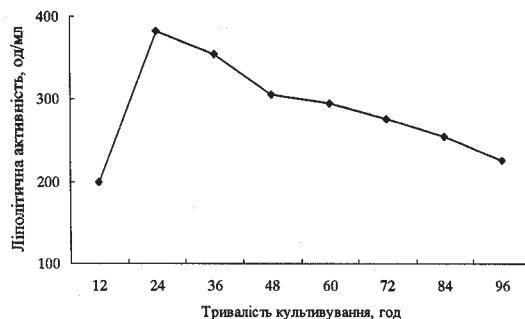


Рис. 3. Визначення оптимального віку інокулюму для культивування гриба *Rhizopus* sp. 2000 ФМ

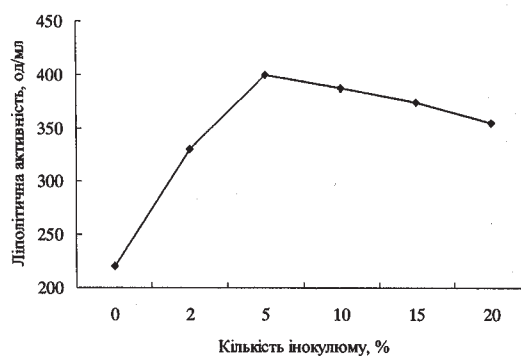


Рис. 4. Оптимальне значення кількості інокуляту для культивування гриба *Rhizopus* sp. 2000 ФМ

При визначенні оптимальної концентрації посівного матеріалу, що забезпечить для *Rhizopus* sp. 2000 ФМ максимальний рівень ліполітичної активності нами використовувався 24-годинний інокулюм у концентраціях від 0 до 15% до об'єму поживного середовища (Рис. 4).

Як видно з наведеного на Рис.4 найвища активність ліпази *Rhizopus* sp 2000 ФМ відмічена в результаті ферментації з використанням 5% інокулюму — 399,9 од/мл. Цей показник активності майже в 1,8 рази вищий за ліполітичну активність при культивуванні без інокуляту. При збільшенні кількості посівного матеріалу від 10 до 20% активність ліпази *Rhizopus* sp. 2000 ФМ знижувалась, що свідчить про недоцільність внесення більшої кількості інокулюму у поживне середовище культивування.

Висновки. 1. Вивчено фізіолого-біохімічні особливості досліджуваного штаму *Rhizopus* sp 2000 ФМ та підібрано склад поживного середовища для культивування продуценту позаклітинної ліпази. 2. Встановлено, що найвищий рівень ліполітичної активності у культуральній рідині *Rhizopus* sp 2000 ФМ досягається за швидкості перемішування 160 об/хв, температурі 40—42 °С та внесенні 5% 1-добового інокулюму. 3. Встановлено високу гідролітичну здатність ліпази 399,9 од/мл, синтезованої *Rhizopus* sp 2000 ФМ, що є важливою характеристикою ферменту для подальшого використання у харчовій промисловості при виробництві дієтичних продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Айзенберг В.Л., Карпель В.И., Сырчин С.А., Капичон А.П. Апробация количественного метода определения липолитической активности с использованием хромогенного субстрата // Микробиол. журнал. — 1995. — Т.57. — № 5. — С. 84—89.

ТЕХНОЛОГІЯ

2. Брокерхоф Х., Дженсен Р. Липолитические ферменты. Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 388 с.
3. Грачева И.М. Технология ферментных препаратов. М.: Элевар, 2000. — 512 с.
4. Давранов К.Д. Биокатализ — одна из наиболее инвестиционно привлекательных областей биотехнологии // Вестн. моск. ун-та. Сер. 2. Химия. — 2006.— Т. 47. — № 1. — 104 с.
5. Кулаев И. С. Бактериолитические ферменты микробного происхождения в биологии и медицине // Соросовский Образовательный Журнал. — 1997. — № 3. — С. 23—31.
6. Кислухина О.В. Ферменты в производстве пищи и кормов. — М.: ДеЛи принт, 2002. — 336 с.
7. Синеокий С.В. Разработка эффективных продуцентов липаз и новых технологий их использования //В мире науки. — 2006. — № 7. — С. 48—51.

Одержана редколегією 09.02.2011 р.

Л.В. ПЕШУК, д-р сільгосп. наук

І.Г. РАДЗІЄВСЬКА, канд. техн. наук

І.І. ШТИК, асп.

Національний університет харчових технологій

БІОЛОГІЧНА РОЛЬ ЖИРНИХ КИСЛОТ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Наведено дані про жирнокислотний склад жирів традиційних сільськогосподарських і екзотичних видів тварин. Описано есенціальну роль поліненасичених жирних кислот. Зосереджено увагу на проблемі жирнокислотної збалансованості раціону харчування та транс-ізомеризації жирних кислот тваринного походження.

Ключові слова: біологічний вплив, оптимальний вміст, ідентифікація, склад жирних кислот, жирова сировина

Приведены данные о жирнокислотном составе жиров традиционных сельскохозяйственных и экзотических видов животных. Описана эссенциальная роль полиненасыщенных жирных кислот. Сосредоточено внимание на проблеме жирнокислотной сбалансированности рациона питания и транс-изомеризации жирных кислот животного происхождения.

Ключевые слова: биологическое влияние, оптимальное содержание, идентификация, состав жирных кислот, жировое сырье

Information is resulted about zhirnokislотноm composition of fats of traditional agricultural and exotic types of zoons Described Essential role of polyunsaturated fatty acids. Attention on the problem of zhirnokislотноy balanced of ration of feed and trans-izomerizacii of fat acids of animal origin is concentrated.

Keywords: biological influence, optimum maintenance, authentication, composition of fat acids, fatty raw material

Дослідженням складу та властивостей ліпідів у харчових продуктах приділяється все більше уваги, оскільки жири — це обов'язковий компонент їжі, джерело енергетичного та пластичного матеріалу. Тривале обмеження жирів у харчуванні призводить до відхилень фізіологічного стану організму: порушується діяльність центральної нервової системи, знижується опірність до інфекцій, скорочується тривалість життя. Однак і надлишкове споживання жирів небажане, воно призводить до ожиріння, серцево-судинних захворювань, передчасного старіння; це пов'язано з порушенням ліпідного обміну [1].

В харчуванні важливого значення набуває не лише кількість, а й хімічний склад жирів, особливо вміст поліненасичених кислот з визначеним розміщенням подвійних зв'язків і цис-конфігурацією. За сучасною класифікацією жирних кислот (поліненасичені ПНЖК: лінолева, ліноленова, арахідонова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова; мононенасичені МНЖК: мірістолеїнова, пальмітолеїнова, олеїнова; насичені НЖК: міристинова, пальмітинова, стеаринова) кількість С—атомів від кінця ланцюга жирної кислоти до найближчого подвійного зв'язку дозволяє відносити її до груп ω -3, ω -6, ω -7, ω -9 і т.і., а висока частка ω -3 кислот у продукті сприяє профілактиці ряду захворювань, зокрема онкологічних [2].

Увага до поліненасичених складових жиру зросла, коли було з'ясовано, що окрім здатності впливати на стан шкірного покриву, ПНЖК відіграють важливу роль у холестероловому обміні та у профілактиці атеросклерозу. Особливості метаболізму лінолевої і ліноленової

кислот, відмінності в їх біологічному впливі послужили основою для виділення двох родин есенціальних жирних кислот: родини лінолевої кислоти або омега 6 (лінолева, арахідонова, γ -ліноленова) і родини ліноленової кислоти або омега 3 (α -ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова).

Найважливішою незамінною жирною кислотою родини ω -6 є лінолева C18:2, яка входить до складу клітинних мембран, бере участь в обміні речовин і синтезі простагландинів, потрібна для росту і регенерації клітин (добова потреба складає 7 г). З лінолевої кислоти шляхом десатурації в організмі утворюється гамма-ліноленова кислота C18:3, яка також потрібна для синтезу простагландинів. Шляхом елонгації (подовження ланцюга) і десатурації з гамма-ліноленової кислоти в організмі синтезується арахідонова кислота C20:4. Арахідонова кислота є найважливішим компонентом клітинних мембран і фосфоліпідів, відіграє значну роль при проходженні запальних процесів і імунних реакцій [3].

У рослинах міститься альфа-ліноленова кислота C18:3, з якої синтезуються дві кислоти родини ω -3: ейкозапентаєнова C20:4 і докозагексаєнова C22:6. Обидві кислоти містяться в організмі риб, що мешкають у водоймах холодних океанів і морів. Згідно з рекомендаціями ВООЗ добова потреба кислот родини ω -3 повинна складати 2 г.

Співвідношення ω -6: ω -3 — важливий показник. Науково доведено, що на частку есенціальних жирних кислот необхідно 4—6 % енергетичної цінності харчового раціону дорослої людини і співвідношення ω -6 до ω -3 ПНЖК повинно складати 10:1, а при порушенні ліпідного обміну — 5:1 і навіть 3:1, хоча реально для тваринних жирів воно перевищує (6—14):1. Для людей літнього віку вміст лінолевої кислоти повинен складати біля 40 % і ліноленової — 4 %, співвідношення ПНЖК до НЖК — 2:1. Аналіз результатів фактичного харчування населення України свідчить про те, що реально ці кислоти потрапляють в організм людини в співвідношеннях від 10:1 до 30:1 [4].

Насичені жирні кислоти лауринова C12:0, міристинова C14:0 і пальмітинова C16:0 збільшують концентрацію небажаного холестеролу LDL (низької щільності).

Мононенасичені жирні кислоти належать до родини ω -9. Найважливішою серед них є олеїнова кислота C18:1, яка знижує рівень холестеролу LDL. Олеїнова кислота не є незамінною, вона може утворюватися в організмі з стеаринової кислоти шляхом десатурації під дією ферменту дельта-9-десатурази.

Проф. Смоляр В.І. (2006 р.) з посиланням на експертів ВООЗ стверджує, що жирова складова щоденного раціону повинна забезпечувати не більше 30 % потреби в енергії, в т.ч. у рівних кількостях окремі фракції жирних кислот, тобто НЖК:ПНЖК:МНЖК = 1:1:1. Подібний склад “ідеального” жиру є базовим для розробки норм фізіологічних потреб населення в основних харчових речовинах і енергії.

Фактичне споживання різних жирів у країнах Європи та Америки є надмірним за рахунок насичених і мононенасичених жирів, тоді як споживання поліненасичених — недостатнім. У зв'язку з цим реальні співвідношення між моно-, поліненасиченими і насиченими жирами є нераціональними.

Матеріали і методи

Об'єктом наших досліджень були жири сільськогосподарських тварин, що використовуються в технологіях різних м'ясних продуктів: яловичий, свинячий, рідше — баранячий і курячий. Та жири нетрадиційних видів тварин: кінський, оленький, дикого кабана, зайця, кролика, нутрії, страуса, фазана та ведмедя. Основним завданням було провести порівняльний аналіз жирнокислотного складу жирів сільськогосподарських і диких тварин з метою розробки технології нових м'ясних продуктів з залученням нетрадиційної сировини.

Дослідження проведені на базі підприємства «Укрметртестстандарт» у хроматографічній лабораторії Науково-дослідного центру випробувань продукції.

Результати та їх обговорення

У таблиці наведено порівняльний аналіз жирних кислот 14 видів жирів: яловичий: кінський: оленький; свинячий: дикого кабана; кролика: зайця: нутрії: борсука; курячий: фазана: страуса; баранячий і ведмедя.

ТЕХНОЛОГІЯ

Склад жирних кислот тваринних жирів

Жир	Вміст основних жирних кислот, %			Співвідношення, що характеризують біологічну цінність жирів				
	МНЖК	ПНЖК	НЖК	МНЖК: ПНЖК: НЖК	ПНЖК: НЖК	$\frac{C_{18:2}}{C_{18:1}}$	$\frac{C_{18:2}}{C_{18:3}}$	$\frac{\omega-6}{\omega-3}$
Ідеальний жир	33,3	33,3	33,3	1:1:1	0,2-0,4	>0,25	>0,7	4:1
Яловичий	38,92	2,78	57,89	1:0,1:1,5	0,05	0,06	3,8	3:1
Свинячий	43,28	7,47	50,10	1:0,2:1,2	0,27	0,20	9,7	4:1
Баранячий	33,81	2,35	63,84	1:0,1:1,9	0,04	0,06	4,9	5:1
Кінський	40,68	21,71	37,61	1:0,5:0,9	0,58	0,26	0,7	0,5:1
Оленьчий	38,50	7,10	51,2	1:0,2:1,3	0,13	0,15	14,0	7:1
Дикого кабана	35,33	10,20	47,87	1:0,3:1,3	0,21	0,18	5,7	4,5:1
Курячий	49,81	17,78	32,41	1:0,4:0,7	0,56	0,38	17,0	23:1
Фазана	52,30	26,00	22,34	1:0,5:0,4	1,16	0,58	—	7:1
Страуса	39,09	30,27	30,64	1:0,8:0,8	1,00	0,86	—	19:1
Кролячий	34,32	23,65	42,04	1:0,7:1,2	0,57	0,71	—	7:1
Заячий	23,62	43,28	33,10	1:1,8:0,7	1,31	1,61	3,0	3:1
Нутрії	55,26	8,19	36,55	1:0,2:0,7	0,22	0,19	—	5:1
Борсука	57,92	21,87	20,21	1:0,4:0,4	1,08	0,15	0,6	0,6:1
Медведя	57,34	23,76	18,90	1:0,4:0,3	1,25	0,22	1,0	1:1

Для тваринних жирів характерний високий вміст пальмітинової C16:0 (від 13,9 % курячий до 31,4 % баранячий і кінський), стеаринової C18:0 (від 3,1 % нутрії до 26 % баранячий) і олеїнової кислот C18:1 ω -9 (від 19,8 % заячий до 28,6 % кролячий і 37,9 % свинячий жир). Сума зазначених кислот може перевищувати три чверті від загальної суми жирних кислот, що входять до складу жиру.

Для тваринних жирів, які найчастіше використовуються в м'ясній промисловості (яловичий, свинячий, баранячий) характерний високий вміст пальмітинової C16:0 (28—31,5 %), стеаринової (20—26 %), олеїнової (29—38 %) кислот. Крім того, в тваринних жирах присутній найважливіший попередник простагландинів — арахідонова кислота C26: 4 ω -6 — 0,7% у баранячому, по 0,12 % у жирах страуса, кролика та кабана, 0,38 % — у жирі фазана і 0,22 % — у курячому жирі.

Співвідношення складу жирних кислот жирів диких і сільськогосподарських тварин (дикий кабан — свиня; ВРХ — кінь — олень; кролик — нутрія — заєць; бройлер — фазан — страус) свідчить, що для диких тварин характерним є відносно підвищений вміст насичених жирних кислот, це, очевидно, пов'язано з високою рухливістю тварин у природі, їх харчуванням та місцем проживання. Вміст деяких кислот, зокрема з родин ω -3 і ω -6, може складати частки відсотка.

Так, вміст 6-ліноленої кислоти C18:3 ω -3 в досліджуваних жирах становить: 1,40 % в страусиному, 2,76 % у фазанячому, 10,57 % в жирі зайця, 12,49 % у кінському, 11,84 % у ведмежому, 13,85 % у борсучому 3,05 % у кролячому, 0,69 % у курячому та 1,27 % в жирі нутрії.

γ -ліноленову кислоту C18:3 ω -6 виявлено в наступних жирах: 0,03 % у жирі фазана, 0,05 % — в страусиному, 0,04% в жирі кролика, 0,10% в курячому.

Підраховавши вміст жирних кислот у тому чи іншому жирі, можна умовно назвати показники їх біологічної цінності. З таблиці видно, що жоден з традиційно застосовуваних ліпідних компонентів не є ідеальним, за винятком жиру страуса, співвідношення МНЖК:ПНЖК:НЖК в якому становить 39,09:30,27:30,64 або 1:1:1.

Останнім часом серйозною проблемою в світі є вміст цис- і транс-ізомерів жирних кислот у продуктах щоденного попиту. Вважається, що транс-жирні кислоти — це штучний елемент, якого слід уникати при споживанні продукції, оскільки до кінця не зрозумілий механізм його

впливу на процес обміну речовин. У наших дослідженнях вміст основного транс-ізомеру — елаїдинової кислоти C18:1-trans в тваринних жирах становить: 8,18 % в кінському; 7,32 % в фазанячому; 3,00 % в яловичому і 1,82 % у баранячому жирах. За наявною інформацією, природний вміст елаїдинової кислоти в підшкірній жировій клітковині людини складає близько 2,0—2,5 %, і цей рівень є реальним для тваринних жирів. Ймовірно, граничний сумарний рівень вмісту транс-ізомерів у тваринних жирах залежить від породи тварини, її віку та місця відбору проби і становить 3—4 % від суми всіх жирних кислот. Це, на нашу думку, не є проблемою, оскільки тваринна їжа за довгі роки еволюції стала звичною для людини.

Висновки. Таким чином, можна констатувати, що основним показником біологічної і відповідно харчової цінності жирів є вміст жирних кислот. Природні жири не відповідають вимогам, що висуваються до біологічно повноцінного жиру, збалансованого за жирнокислотним складом. Науково доведено, що на частку есенціальних жирних кислот повинно припадати 4—6 % енергетичної цінності харчового раціону здорової людини і співвідношення ПНЖК родин омега 6 та омега 3 складає не більше 10:1, а у випадках порушення ліпідного обміну — 5:1 та навіть 3:1.

Основою сучасного уявлення про харчування є забезпечення організму людини не тільки енергією і біологічно необхідними речовинами, але й функціональними компонентами їжі, здатним захистити спадковість людини від несприятливих факторів навколишнього середовища. Одним з ключових напрямків вирішення окресленої проблеми є розробка та впровадження у виробництво продуктів зі збалансованим жирнокислотним складом.

Стан здоров'я, працездатність, зовнішня привабливість, настрої, поведінка і творча активність людей знаходяться в прямій залежності від повноцінності, кількісних і якісних характеристик харчування. Оптимально збалансовані за складом і безпечні для організму продукти харчування є надійним джерелом життя і природним захисником імунної системи. Такий підхід відповідає способу життя сучасної людини і з успіхом реалізується у розвинених країнах: для багатьох народів світу добре здоров'я та активне довголіття є предметом гордості. Тому дослідження мінорних компонентів харчових продуктів та створення на основі результатів цих досліджень нових продуктів профілактичного та лікувального призначення залишаються надзвичайно актуальною, економічно вигідною і перспективною задачею.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Пищевая химия* / [А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др.]; под. ред. А.П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2007. — 640 с.
2. *Перекисное окисление и стресс* / [В.А. Барабай, И.И. Брехман, В.Г. Голотин, Ю.В. Кудряшев]. — СПб.: Наука, 1992. — 148 с.
3. *Иванкин А.Н.* Жиры в составе современных мясных продуктов / А.Н. Иванкин // *Мясная индустрия*. — 2007. — № 6. — С. 8—13.
4. *Левицкий А.П.* Идеальная формула жирового питания / А.П. Левицкий. — Одесса: НПА "Одесская биотехнология", 2002. — 61 с.
5. *Wood Sh.* Trans Fat Content in Blood Linked to CHD Risk / Shelley Wood // *Medscape Medical News*. — 2007. — March 26. — P. 100—115.

Одержана редколлегією 10.02.2011 р.

І.І. ГАПОНЮК, канд. техн. наук,
Національний університет харчових технологій

ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ВІТЧИЗНЯНИХ ЗЕРНОСУШАРОК

Наведено аналіз сучасного стану сушіння зерна та напрямки зменшення енергоемності сушіння зерна удосконаленням технології сушіння та вдосконалення конструкції зерносушарок і підвищення конкурентоспроможності зерносушарок вітчизняних конструкцій.

Ключові слова: зерно, волога, енергія, сушіння, режим, зерносушарка.

Приведен анализ современного состояния сушки зерна и направления уменьшения энергоемкости сушки зерна усовершенствованием технологии сушки и конструкций зерносушилок, повышения конкурентоспособности отечественных сушилок.

Ключевые слова: зерно, влага, энергия, сушка, режим, зерносушилка.

Is given the analysis of the contemporary state of the drying of grain and direction of the decrease of the energy content of the drying of grain by the improvement of the technology of drying and constructions of grain dryers, increase in the competitive ability of domestic drying apparatuses.

Keywords: grain, moisture, energy, drying, regime, grain drying aggregate.

З огляду на те, що в структурі енерговитрат вирощування зерна частка на його сушіння складає 30...35 %, а в технології післязбирання його обробки — 75...80 % [1, 3, 4, 6], тому зі зростанням вартості енергоносіїв все більше уваги приділяють зменшенню енерговитрат сушіння зерна.

Найбільшого практичного застосування знайшли такі енергозберігаючі заходи:

- заміна надміру енергоємних морально-застарілих зерносушарок вітчизняного виробництва енергоощадними іноземними аналогами;
- модернізація існуючих технологій сушіння і зерносушарок;
- застосування альтернативних технологій приведення зерна в стійкий стан зберігання.

Зважаючи на безальтернативність технології сушіння зерна для його тривалого зберігання і подальшого використання в суміжних зернопереробних галузях (борошномельній, круп'яній, комбікормовій, тощо) та експортних вимог щодо обмеженого вологовмісту зерна, напрямок удосконалення технології сушіння зерна є пріоритетним в заходах енергозбереження.

Сушити зерно можна різноманітними способами [1—6]. Найбільшого практичного застосування отримав конвективний спосіб із швидким перебігом тепло-масообміну в зерносушарках до заданої вологості зерна. Дещо рідше застосовують уповільнений спосіб, за допомогою систем вентилявання, та ще рідше комбінований спосіб.

У вітчизняній практиці майже все вологе зерно зібраного урожаю (ЗЗУ) сушать швидкісним способом [3, 4, 6]. Із загальної кількості зерносушарок вітчизняних зернозаготівельних підприємств (ЗЗП) найбільше, до 70 %, припадає на шахтні сушарки вітчизняного виробництва типу ДСП. Коефіцієнт корисної дії більшості цих сушарок не перевищує 40 — 45 %, а питомі витрати енергоносіїв на сушіння 1 планової тони становлять біля 12,2 кг_{у.п.}, що на 20 — 35 % перевищують цей показник аналогів провідних іноземних компаній, як Шмідт-Зінгер, Кембріа, Ріела, Метгюз-К, Фарм-Фанз, GSI, ME, тощо [3, 4, 6]. З огляду на надмірну енергоемність вітчизняної технології сушіння ЗЗУ річні втрати енергії в перерахунку на сушіння зерна зібраного

ТЕХНОЛОГІЯ

урожаю 44...46 млн т на 9...12 % можуть становити 150,5...259,4 т.т. у.п., або в перерахунку на природний газ — 138,8...239,2 млн м³.

За результатами наукових досліджень з удосконалення технології сушіння науковцями НУХТ, ОНАХТ і ПНВП «ЗЕНІД» та досвіду впровадження більшості із цих розробок на ЗПП, встановлено, що модернізацією існуючих сушарок можна зменшити їх питомі енерговитрати до 35...40 %, збільшити продуктивність на 45...55 % та кількакратно зменшити рівень забруднення довкілля легкими домішками зерна. За показником разових капіталовкладень та терміну їх окупності модернізація сушарок кількакратно доцільніша від придбання сушарок іноземного виробництва (див. табл.).

Показники роботи сушарок різних модифікацій

Витрати теплоти на сушіння зерна	Один. виміру	Існуюча ДСП-32от	Модернізована		Іноземного виробництва
			ДСП-32М	ДСП-32ММ	
1 пл.т.1 %	м ³ газу	1,88	1,51	1,25	0,95...1,2
1 год роботи сушарки	м ³ газу	361	290	240	210
1 доба роботи сушарки	м ³ газу	7400	5945	4920	4305
1 сезон роботи сушарки (60 діб)	х10 ³ м ³ газу	444	357	295	258
Економія газу за 1 сезон	х10 ³ м ³ газу	—	65	149	186
	т.грн/сез	—	182	417	521
Затрати на модернізацію / придбання імпорт. сушарки	т.грн	—	95	145	> 1800
Термін окупності затрат	сезон	—	0,52	0,35	> 3,5

*) при ціні на природний газ 2,8 т.грн/1т.м³.

Напрямки модернізації сушарок вибрано із аналізу структури витрат теплоти сушіння зерна в шахтних зерносушарках. Так, із загальних витрат теплоти її частка на вилучення вологи із зерна в домінуючій більшості існуючих сушарок не перевищує 40...50 %. Решта 50...60 % — це втрати теплоти пов'язані із недосконалістю технології сушіння. Найбільші втрати теплоти із відпрацьованими робочими газами (РГ) (біля 30 %), на нагрівання зерна (близько 15 %), через поверхні нагрівання сушильних камер та комунікацій (близько 7 %) та недоспалювання палива в топці (близько 1 %).

Слід відмітити, що розмір цих втрат зростає із пониженням температури довкілля, зменшення вологовмісту ЗЗУ та збільшення розмірів зернин.

Зменшити енергоємність технології сушіння вітчизняних сушарок можна за такими напрямками:

1. Зміненням режимів сушіння:
 - 1.1. Встановлення низхідних режимів взамін висхідних;
 - 1.2. Переміною параметрів течії РГ відповідно для різних зернових культур.
2. Зменшенням втрат теплоти з відпрацьованими РГ:
 - 2.1. Після 2-ої сушильної зони;
 - а) підвищенням їх вологовмісту до 35...50 г/кг_{с.п.};
 - б) зменшенням їх температури до значень, що не перевищують довкілля більш як на 15...25 °С;
 - 2.2. Після зони охолодження зерна (3-ої зони):
 - а) повторним використанням їх теплоти для сушіння зерна;
 - б) зменшенням викидів у довкілля легких домішок зерна.
3. Зменшенням опору внутрішньої дифузії вологи в зерні на завершальному етапі його сушіння короткотривалим (до 4...8 хвилин) зміненням градієнту температури.
4. Зменшенням пошарової в зернині і шару зерна неоднорідності сушіння.

ТЕХНОЛОГІЯ

5. Прискореним нагріванням вологого зерна із мінімальним вологообміном.

6. Застосуванням двох-етапного сушіння: швидкісне-уповільнене.

Найменш затратним напрямом модернізації є **змінення режиму сушіння**. Висхідні режими зерносушарок були встановлені на підставі аналізу досліджень термічної стійкості білково-вуглеводного комплексу зернини перемінного вологовмісту. З огляду на те, що при сушінні зерна конвективним способом, теплота РГ пріоритетно витрачається на фазові перетворення вологи поверхневих шарів зернин, тому на початковому етапі сушіння малорухомого шару зерна його температура дуже повільно зростає і цей етап може тривати від 20 до 120 хв. Оскільки за другим законом термодинаміки і формулою Ньютона (1) швидкість внутрішньої дифузії вологи в зернині та міжфазового вологообміну прямо пов'язані з температурою середовища:

$$Q = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau \text{ звідки: } q = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \quad (1)$$

тому для скорочення терміну нагрівання шару зерна слід змінити спосіб підведення теплоти (кондуктивний чи опроміненням), або при конвективному способі вологообміну підводити шару зерна із РГ більше теплоти від необхідної для фазових перетворень вологи поверхневих шарів зернин.

Таким чином, при сушінні зерна на початковому етапі РГ слід нагрівати до більш високих температур від встановлених існуючою «Інструкцією» [2] на 30...50 °С від температури РГ 2-ої сушильної зони.

Використання теплоти відпрацьованих РГ. При розгляді можливості використання теплоти відпрацьованих РГ необхідно приймати до уваги вплив їх підвищеного вологовмісту на тепло-вологообмінні процеси. Якщо з підвищенням вологовмісту відпрацьованих РГ (d_2), внаслідок зростання густини цих газів (ρ_g) і зменшення різниці парціальних тисків середовищ ($p_n - p_g$), міжфазовий теплообмін інтенсифікується (q_f), то вологообмін (q_m), або процеси сушіння зерна — суттєво погіршуються. Оскільки вологовміст відпрацьованих РГ може змінюватися в широкому діапазоні ($d_2 = 15...60$ г/кг_{с.н.}), тому в залежності від їх вологовмісту ці гази можна використовувати:

менш насичені вологою РГ — для підмішування з РГ;

більш насичені вологою РГ — для підмішування з РГ після спеціальної їх обробки (зневоднення);

різного вологовмісту — для підігрівання зерна;

Якщо порівняно невисокий вологовміст відпрацьованих РГ після зони охолодження ($d_2 < 15$ г/м³) дозволяє використовувати теплоту цих газів для подальшого їх повторного використання без значного порушення балансу вологи зерносушильного агрегату, то підвищений вологовміст відпрацьованих РГ після сушильних зон ($d_2 > 30$ г/м³) ускладнює їх повторне використання та ставить під сумнів економічну доцільність рекуперацію теплоти цих газів без їх зневоднення або використання в складних теплоутилізуючих пристроях.

В ряді публікацій наведено розрахунок вологоємнісного балансу РГ за умов повернення відпрацьованих РГ в сушильні зони або топкове відділення [1, 3, 4, 6]. За цими розрахунками при поверненні відпрацьованих РГ в зерносушильний агрегат починаючи із третього — четвертого циклу, а для роботи сушарки осінньо—зимовий період із другого, суттєво зменшиться потенціал міжфазового вологообміну і відповідно зменшиться продуктивність зерносушарки. Тому використовувати теплоту відпрацьованих РГ із підвищеним вологовмістом ($d_2 > 30...45$ г/кг_{с.н.}) поверненням їх в тепломасообмінну камеру зерносушарки без спеціальної підготовки (зневоднення) технологічно недоцільно.

Підвищення потенціалу використання РГ. Відповідно Інструкції [2] параметри течії РГ для сушіння зерна різних культур, вологості і періоду роботи сушарок суттєво не відрізняються, тому очевидно, що використання потенціалу цих газів буде різним. Дослідженнями [1, 3, 4, 6] встановлено, що потенціал РГ найбільш повно використовується на початковому етапі сушіння при сушінні крупнозернистих культур із підвищеним вологовмістом. За таких умов відносна вологість відпрацьованих газів є найвищою ($u_2 = 85 - 95$ %). Із зменшенням вологовмісту поверхневих шарів зернини (поглибленням зони сушіння), зменшенням розміру зернин та підвищенням температури доквілля, відносна вологість відпрацьованих газів суттєво знижується, до $u_2 = 35...45$ %, а це основний, найбільш тривалий процес вологообміну.

Очевидно, що змінням вхідних параметрів течії РГ (t_p, x_p) можна суттєво підвищити потенціалу цих газів до 70...80% і відповідно зменшити питомі витрати теплоти сушіння зерна.

Інтенсифікація сушіння. Відомо, що рушійним потенціалом в міжфазових вологообмінних процесах є різниця парціальних тисків пари РГ і на поверхні зернини. Для умов сушіння зерна в шахтних зерносушарках рушійний потенціал збільшують підвищенням температури РГ, збільшенням швидкості пошарового переміщення вологого зерна і РГ, змінням тиску в шпаринах шару зерна та капілярах зернини, тощо. Розрахунки та дослідження показують, що за незмінних енергії течії РГ сушіння малорухомого шару зерна в шахтній зерносушарці типу ДСП змінням умов міжфазової взаємодії та заданих параметрів течії міжзернового простору шару зерна можна підвищити рушійний потенціал на 30...45 % . А із збільшенням розмірів зернин шару зерна ефективність нового способу вологообміну зростає.

Зменшити енергоємність до 25 % із одночасним збільшенням швидкості сушіння до 3 5 % можна також зменшенням опору внутрішньої дифузії вологи в зерні на завершальному етапі його сушіння, або (та) збільшенням вмісту заземлених в капілярах зернини газів. На основі теоретично-обґрунтованому механізмові внутрішньо-капілярної дифузії вологи капілярно-шпаруватих тіл нами розроблено спосіб управління градієнтом внутрішньо-капілярного тиску і тим самим опором дифузії вологи. Оскільки опір внутрішньої дифузії вологи на завершальних етапах сушіння зерна зростає до 6,5...8,5 кДж/кг_{вологи}, тому змінням градієнту температури можна суттєво (до 25...35 %) зменшити усереднені питомі витрати енергії сушіння шару зерна. Обґрунтовані для виробничих умов режими сушіння зерна із застосуванням короткотривалого (до 3...8 хв) зміння параметрів РГ при зменшенні вологості зерна до 6—8 % від критичних значень (кінцевої вологості) перевірені в наближених до виробничих стендових умовах і частково апробовано для двох-етапного сушіння насіння ріпаку та зерна кукурудзи на модернізованих зерносушарках типу ДСП (див. рис. 1...5).

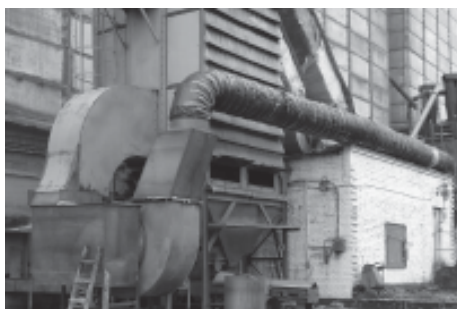


Рис. 1. Зовнішній вигляд модернізованої зерносушарки ДСП-32от із рекуперацією теплоти



Рис. 2. Зовнішній вигляд регуляторів течії газів довкілья



Рис. 3. Модернізована зерносушарка ДСП-32от із спадними режимами сушіння і реверсним сушінням

ТЕХНОЛОГІЯ



Рис. 4. Модернізована зерносушар-ка ДСП-32от із змінним способом підведення газів і рекуперацією теплоти



Рис. 5. Модернізована зерносушарка ДСП-32от із перемінними градієнтами температури

Висновки.

1. Потенціал РГ існуючих сушарок вітчизняного виробництва використовується до 40...50 %, а питомі енерговитрати перевищують аналоги зарубіжних зерносушарок сучасного виробництва на 30...45 %.
2. Модернізацією сушарок вітчизняного виробництва можна зменшити їх питомі енерговитрати на 35...40 %, збільшити продуктивність на 45...55 % та кількакратно зменшити викиди у довкілля легких домішок зерна.
3. Реверсним змінням градієнту температури та перемінними способами підведення РГ і їх параметрів можна на 20...25 % зменшити нергоємність прямотечійних зерносушарок.
4. Витрати на модернізацію сушарок вітчизняного виробництва кількакратно швидше окупуються від витрат на закупівлю сушарок іноземного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И.Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. М.: — 1982 — 329 с.
2. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок» (Одеса-Київ, 1997. — 72 с.
3. Малин Н.И. Теоретические основы технологических процессов // Хранение и переработка зерна / Н.И. Малин, Т.И. Веселовская — М.: Хлебопродинформ, 2001. — 100 с.
4. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: [Уч. пособие.]// — К.: Вища шк. — 1991. — 367 с.
5. Правила по организации и ведению технологического процесса на элеваторах. — М.: Министерства заготовок СССР, 1972. — 49 с.
6. Гапонюк І.І. Удосконалення технології сушіння зерна. [Монографія] — Одеса.: Поліграф, 2009. — 182 с.

Одержана редколегією 22.02.2011 р.

УДК 637.142.2

Т.А. СКОРЧЕНКО, канд. техн. наук,**Л.В. ШПАЧУК**, асп.*Національний університет харчових технологій***Є.С. БОГДАНОВ**, канд. техн. наук, с.н.с., технолог з досліджень та розвитку
ТОВ «Торговий дім «Крахмалопродукт»

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗМІРІВ КРИСТАЛІВ ЛАКТОЗИ ЗГУЩЕНОГО ТЕРМІЧНО ОБРОБЛЕНОГО МОЛОКА З ГЛЮКОЗНО- ФРУКТОЗНИМИ СИРОПАМИ

Досліджено розмір кристалів лактози згущеного термічно обробленого молока, виготовленого з глюкозно-фруктозними сиропами. Доведено позитивний вплив сиропів на процеси кристалізації лактози.

Ключові слова: згущене термічно оброблене молоко (або згущене варене молоко), вуглеводи, глюкозно-фруктозні сиропи, лактоза, кристалізація, мікроструктура.

Исследованы размер кристаллов лактозы сгущенного термически обработанного молока, изготовленного с глюкозно-фруктозными сиропами. Доказано положительное влияние сиропов на процессы кристаллизации лактозы.

Ключевые слова: сгущенное термически обработанное молоко (или сгущенное вареное молоко), углеводы, глюкозно-фруктозные сиропы, лактоза, кристаллизация, микроструктура.

Studied the size of lactose crystals condensed thermally processed milk, made from glucose-fructose syrup. The positive influence of syrups on the crystallization of lactose.

Key words: condensed thermally treated milk (or condensed milk), carbohydrate, glucose-fructose syrup, lactose, crystallization, microstructure.

За останні десятиліття сформувалась тенденція до росту виробництва і застосування цукрозамінників у харчових технологіях. Заміна цукру у продуктах пов'язана з його високою енергетичною цінністю і легкою засвоюваністю [1; 5]. Відомо, що вживання продуктів на цукровій основі призводить до ряду небезпечних хвороб.

Заміна цукру на глюкозно-фруктозні сиропи (ГФС) мають позитивний вплив на якісні показники згущеного термічно обробленого молока. Відмічено посилення смакової гами молочного продукту; покращення органолептичних та реологічних характеристик молока згущеного термічно обробленого.

Однією із важливіших характеристик, яка визначає споживчі властивості згущеного термічно обробленого молока є консистенція продукту, яка формується під час процесу кристалізації лактози.

Поява вад консистенції (борошністість, піщанистість) згущених молочних продуктів обумовлена великими розмірами кристалів лактози. Це пов'язане з хаотичним ростом кристалів, що призводить до утворення "лактозної крупки", яка сягає розміру більш як 15 мкм, що негативно відображується на структурі та органолептичних властивостях продукту. У процесі охолодження продукту через пересиченість розчину цукрами частина лактози переходить з розчиненого стану у кристали. У традиційній технології ріст кристалів лактози регулюють

© Т.А. Скорченко, Л.В. Шпачук, Є.С. Богданов, 2011

ТЕХНОЛОГІЯ

шляхом внесення затравки — дрібнокристалічної лактози — у момент масової кристалізації. Проблема у тому, що за температури масової кристалізації згущене варене молоко має високу в'язкість, що робить надзвичайно важким процес рівномірного розподілення затравки у масі продукту і регулювання процесів масо- і теплообміну.

Мета роботи полягає у дослідженні розмірів кристалів лактози згущеного термічно обробленого (вареного) молока, виготовленого з використанням глюкозно-фруктозних сиропів.

Мікроструктура згущеного молока обумовлена наявністю кристалів лактози пірамідальної і призматичної форм. Вміст лактози у водній фазі вареного згущеного молока складає 26—30 %, з них близько 16 % при 20 °С знаходяться у розчиненому стані, інші — у кристалічному. Консистенція продукту залежить не тільки від кількості кристалів вуглеводів, а й від їх розміру (табл. 1.). Кристали, розмір яких менше 10 мкм забезпечують формування ніжної, оксамитової консистенції, кристали розміром 11—30 мкм обумовлюють відчуття борошністості, а вище 30 мкм — відчуття грубої піщанистості продукту.

Таблиця 1. Вплив розмірів кристалів лактози на консистенцію згущеного молока з цукром

Консистенція				
Ніжна, однорідна	Однорідна завсією масою	Слабко-борошніста	Борошніста	Добре виражена борошністість
Кількість кристалів в 1 см ³ продукту, тис.				
400—300	300—100	100—50	50—20	25
Середній діаметр кристалів, мкм				
Не більше 10	11—15	16—20	21—24	25

Літературні дані свідчать, що у разі заміни чистих розчинів сахарози різними цукрами значно знижується швидкість утворення кристалів. До цих вуглеводів відносяться: глюкоза→мальтоза→фруктоза. Ці цукри мають значний вплив на процеси кристалізації і виступають в якості антикристалізаторів [2; 3; 4].

До складу ГФС входять фруктоза, глюкоза, а також мальтоза. Мальтоза, як відомо, має антикристалізаційні властивості.

Методика проведення експерименту.

Метод ґрунтується на визначенні розмірів кристалів молочного цукру окуляр-мікрометром (мікроскопічною лінійкою) при збільшенні в 600 разів.

Аналіз визначення розміру кристалів лактози проводився за допомогою мікроскопіювання приготовлених препаратів з подальшою фіксацією видимих структур шляхом мікрофотографування. У процесі підготовки аналізу зразок не підігрівали і не розбавляли, для того, щоб запобігти руйнування кристалів молочного цукру. Препарати готували шляхом нанесення тонкої краплі згущеного вареного молока на предметне скло, яке накривали покривним склом, злегка притискаючи його пінцетом для рівномірності розподілу. Дослідження проводили у свіжевиготовленому продукті та в процесі його зберігання.

Процеси кристалізації оцінюють за її однорідністю і масовістю. Для визначення однорідності кристалізації визначали середній діаметр кристалів за найбільшим вимірюванням, розділення кристалів за групами у залежності від їх розміру, коефіцієнт рівномірності або нерівномірності. Число кристалів в одиниці об'єму продукту характеризує масовість кристалізації, яку розраховують за величиною середнього розміру кристалів або їх гранулометричному складу [2; 3].

За методикою Л. В. Чекулаєвої перед оцінюванням розмірів кристалів молочного цукру продукт ретельно перемішують. Розміри не менше, ніж 100 кристалів молочного цукру визначають при збільшенні у 600 разів. Розмір кристалів вимірюють за найбільшою довжиною грані. За розмірами кристали поділяють на 4 групи. За величиною кристалів і кількістю їх у

кожній групі також визначають середній розмір і оцінюють консистенцію згущеного термічно обробленого молока.

Середнє значення розміру кристалів (M) визначають за формулою:

$$M = \frac{\sum n}{\sum (na)}, \quad (1)$$

де n —частота кристалів; a —лінійний розмір кристалів, мкм

Визначивши розміри кристалів молочного цукру, розподіляємо їх на групи: 1 група кристали розміром до 5 мкм (ніжна, однорідна консистенція); 2 група — 6—10 мкм (однорідна консистенція); 3 група більше 11—15 мкм (однорідна, слабкоборошніста консистенція); 4 група — 16—20 мкм (борошніста консистенція).

Оцінка масовості кристалізації лактози визначається за середнім розміром кристалів молочного цукру в згущеному вареному молоці — знаходять кількість кристалів лактози в 1 мм³ продукту, тобто очікувану масовість кристалізації (табл. 2.)

Таблиця 2. Вплив середнього розміру кристалів лактози на кількість кристалів у продукті в 1 мм³

Середній розмір кристалів лактози, мкм									
6	7	8	9	10	12	15	20	30	40
Можлива кількість кристалів лактози в 1 мм ³ продукту, тис									
770	500	270	220	175	98	50	21	7	2,6

У якості контролю використано згущене термічно оброблене молоко з цукром, виготовлене у тих же умовах, що і проби на основі вуглеводних сиропів.

В табл. 3 показано результати вимірювань розмірів кристалів проб згущеного термічно обробленого молока у процесі зберігання.

Таблиця 3. Зміна розміру та кількості кристалів лактози в процесі зберігання згущеного термічно обробленого молока

Характеристика проби згущеного термічно обробленого молока	Розміри кристалів, мкм	Термін зберігання, дів				
		1	10	30	90	180
1 проба — з цукром (контроль)	≤5	42	35	31	27	22
	6—10	58	43	54	51	48
	11—15	—	12	15	17	22
	16—20	—	—	—	5	8
2 проба — з ГФС -10	≤5	76	49	33	29	21
	6—10	24	51	60	63	64
	11—15	—	—	7	8	11
	16—20	—	—	—	—	4
3 проба — з ГФС -30	≤5	79	43	37	31	28
	6—10	21	57	60	64	65
	11—15	—	—	3	5	6
	16—20	—	—	—	—	1
4 проба — з ГФС -42	≤5	83	68	37	28	20
	6—10	17	32	59	67	72
	11—15	—	—	4	5	6
	16—20	—	—	—	—	2

ТЕХНОЛОГІЯ

Із табл. 3. видно, що у свіжевикеровленому продукті розміри кристалів лактози у всіх пробах становлять переважно до 5 мкм. На десяту добу зберігання у контрольній пробі спостерігається поява кристалів більших за розмірами (від 11 до 15 мкм). У пробах згущеного термічно обробленого молока з використанням ГФС поява кристалів лактози розміром 11—15 мкм відзначається тільки після 30 діб зберігання.

Таблиця 4. Зміна середнього значення розмірів кристалів лактози згущеного термічно обробленого молока в процесі зберігання

Проба	Середнє значення розміру кристалів лактози, мкм/доба зберігання				
	1	10	30	90	180
1 проба (контроль)	5,69	5,88	7,05	7,87	8,69
2 проба	3,82	5,30	6,53	6,81	7,80
3 проба	3,66	5,27	6,17	6,55	6,86
4 проба	3,44	5,26	6,17	6,71	7,18

З таблиці 4. видно, що при використанні різних глюкозно-фруктозних сиропів середній розмір кристалів лактози свіжевикеровлених зразків становить не більше, як 3,44 — 3,82, тоді як розміри кристалів у контролі дорівнюють 5,69 мкм. У процесі зберігання протягом 10 діб розміри кристалів зростали для зразків: з ГФС-10 на 1,48 мкм; з ГФС-30 на 1,61 мкм; з ГФС-42 на 1,82 мкм і у контролі на 0,19 мкм.

Динаміка росту кристалів показує, що суттєве збільшення розмірів кристалів лактози має місце у перші 30 діб. Так, як зміна величин кристалів від 10 до 30 доби становить для контрольної проби — 1,17 мкм, для проби з ГФС-10 — 1,23; для проби з ГФС-30 — 0,90; для проби з ГФС-42 — 0,91.

Після 30 доби зберігання ріст кристалів лактози став незначним, так лінійні розміри від 90 до 180 доби для проб, отриманих з цукром становлять 0,82 мкм; з ГФС-10 — 0,99 мкм; з ГФС-30 — 0,37 мкм; з ГФС-42 — 0,64 мкм.

Таким чином, ГФС-30 і ГФС-42 має найбільший вплив на процес кристалізації у згущеному вареному молоці.

Висновок. У результаті проведеної роботи можна говорити про позитивний вплив глюкозно-фруктозних сиропів на консистенцію згущеного термічно обробленого молока та його вплив на кристалізацію лактози.

Доведено, що ГФС контролює ріст кристалів лактози, що в свою чергу забезпечує формування ніжної, оксамитової консистенції готового продукту. Оцінка масовості кристалізації показує, що зразки з глюкозно-фруктозними сиропами в 1 ммі мають близько 500 тис. кристалів лактози, що свідчить про хорошу консистенцію продукту, в порівнянні з контрольною пробой, яка має 300 тис. кристалів в 1 ммі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богданов Е.С. Использование в молочных продуктах глюкозных сиропов / Е.С. Богданов // Продукты & ингредиенты. — 2008. — № 1. — с. 88 — 91.
2. Голубева Л.В., Чекулаева Л.В., Полянский К.К. Хранимоспособность молочных консервов // ДеЛи принт, 2000. — 109 с.
3. Голубева Л.В. Справочник технолога молочного производства. Т. 9. Консервирование и сушка молока. СПб.: ГИОРД, 2005. 272 с.
4. Радаева И.А. Повышения качества молочных консервов. — Москва: Пищевая промышленность, 1980. — 160 с.
5. Скорченко Т.А. Сучасні тенденції виробництва молочних консервів / Т.А. Скорченко // Молочное дело. — 2006. — № 4 — с. 23—25.

Одержана редколегією 18.02.2011 р.

А.П. СОФІЛКАНИЧ, асп.

І.В. КВЯТКІВСЬКА, студ.

Т.П. ПИРОГ, д-р біол. наук

Національний університет харчових технологій

СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCLUS* *ERYTHROPOLIS* ЕК-1 ЗА ПРИСУТНОСТІ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Встановлено, що *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 здатний рости та синтезувати поверхнево-активні речовини (ПАР) за присутності іонів важких металів. Внесення у середовище з етанолом 0,01 мМ Cu^{2+} в експоненційній фазі росту супроводжувалось підвищенням синтезу ПАР на 36 %. За наявності у середовищі культивування 0,01—0,05 мМ Cd^{2+} спостерігали пригнічення росту і синтезу ПАР штамом ЕК-1. Внесення такої самої концентрації Pb^{2+} також супроводжувалось інгібуванням росту та синтезу ПАР, проте після пересіву на середовище без металу активізувався синтез метаболітів з емульгувальними властивостями. За присутності 0,01 мМ Cu^{2+} спостерігали повну загибель клітин *R. erythropolis* ЕК-1, позбавлених поверхнево-активних речовин, тоді як за наявності ПАР виживало до 65 % клітин.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, захисні функції, важкі метали, культивування, біоре mediaція, резистентність.

It was set that *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 is able to grow and synthesize surface-active substances (SAS) at the presence of ions of heavy metals. The addition into the media with the ethanol of 0,01 mM of Cu^{2+} in the exponential phase of growth was accompanied the increase of synthesis of SAS at 36 %. The decreasing of growth and SAS syntheses by ЕК-1 strain was obtained at presence of 0,01—0,05 Mm of Cd^{2+} in the nutrition media. The addition of the same concentration of Pb^{2+} also lead to the inhibition of growth and synthesis of SAS, however after subculturing on the media without the metal the synthesis of metabolites with emulgative properties. The death of all *R. erythropolis* ЕК-1 cells without SAS was obtained at the presence of 0,01 mM of Cu^{2+} , while at presence of SAS survived up to 65 % of cells.

Key words: surface-active substances, protective properties, heavy metals, cultivation, bioremediation, resistance.

Установлено, что *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 способен расти и синтезировать поверхностно-активные вещества (ПАВ) в присутствии ионов тяжелых металлов. Внесение в среду с этанолом 0,01 мМ Cu^{2+} в экспоненциальной фазе роста сопровождалось повышением синтеза ПАВ на 36 %. В присутствии в среде культивирования 0,01—0,05 мМ Cd^{2+} наблюдали уменьшение роста и синтеза ПАВ штаммом ЕК-1. Внесение такой же концентрации Pb^{2+} также сопровождалось ингибированием роста и синтеза ПАВ, хотя после пересева на среду без металла активизировался синтез метаболитов с эмульгирующими свойствами. В присутствии 0,01 мМ Cu^{2+} наблюдали полную гибель клеток *R. erythropolis* ЕК-1, освобожденных от поверхностно-активных веществ, тогда как в присутствии ПАВ выживало до 65 % клеток.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, защитные свойства, тяжелые металлы, культивирование, биоре mediaция, резистентность.

ТЕХНОЛОГІЯ

Завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР) знаходять застосування для вирішення ряду практичних завдань, більшість яких пов'язано з усуненням екологічних проблем, що гостро постали перед людством. До них належать забруднення ґрунтів і водою токсичними ксенобіотиками, що загрожує екологічною катастрофою [1].

Літературні дані [1—3] свідчать про важливу фізіологічну роль мікробних поверхнево-активних речовин у несприятливих умовах існування мікроорганізмів. Встановлено, що ПАР надають продуцентам ряд суттєвих переваг завдяки інтенсифікації перенесення поживних речовин у клітину, збільшенню біодоступності гідрофобних субстратів, підвищенню стійкості до важких металів, антимікробним властивостям [3].

Особливу увагу привертає здатність до синтезу ПАР за присутності важких металів, які гальмують процеси біологічного очищення екосистем (біоремедіація), пригнічуючи ріст і розвиток, наприклад вуглеводеньокиснювальних мікроорганізмів [1, 3]. Так, встановлено, що використання продуцентів ПАР для біоремедіації забруднених металами середовищ є ефективнішим порівняно зі штамми, нездатних до синтезу цих сполук. Передбачається, що метаболіти з поверхнево-активними та емульгуювальними властивостями здатні утворювати комплекси із важкими металами, нейтралізуючи їх токсичний вплив на клітини [1, 3].

У попередніх дослідженнях із забрудненого нафтою ґрунту виділено штам нафто-окиснювальних бактерій, ідентифікований як *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 [4] та депонований в Депозитарії Інституту мікробіології та вірусології за номером ІМВ Ас-5017. Встановлено оптимальні для синтезу ПАР умови культивування штаму ЕК-1 [4], показано можливість використання препаратів ПАР *R. erythropolis* ЕК-у вигляді постферментаційної культуральної рідини у процесах очищення води та ґрунту від нафтових забруднень [5].

У природі забруднення часто носять змішаний характер (наприклад, одночасна наявність як вуглеводнів, так і токсичних металів), тому актуальним є вивчення впливу іонів важких металів на біосинтез ПАР.

Мета даної роботи — дослідження впливу токсичних металів (Cu^{2+} , Cd^{2+} та Pb^{2+}) на ріст *R. erythropolis* ЕК-1 і синтез поверхнево-активних речовин, а також дослідження ролі ПАР у захисті клітин від іонів міді.

Культивування бактерій проводили на мінеральному поживному середовищі такогоскладу (г/л): NaNO_3 — 1,3; NaCl — 1,0; Na_2HPO_4 — 0,6; KH_2PO_4 — 0,14; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001; рН 6,8—7,0. Як джерело вуглецю використовували етанол у концентрації 2 % (об'ємна частка). Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту (48 год), вирощену на середовищі наведеного складу з 1 % (об'ємна частка) етанолу. Кількість інокуляту — 5 % від об'єму поживного середовища. Культивування *R. erythropolis* ЕК-1 проводили в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 28 °С упродовж 120 год.

Для дослідження впливу важких металів у середовище культивування вносили 0,01 мМ і 0,05 мМ Cu^{2+} , Cd^{2+} , і Pb^{2+} у вигляді стерильних 1 %-них розчинів солей $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ та $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COOH})_4$ відповідно. Метали вносили на початку процесу культивування, в середині експоненційної, а також на початку стаціонарної фази росту. Після вирощування культуральна рідина слугувала інокулятом (у концентрації 5 %) для засіву поживного середовища з етанолом без металу.

Біомасу визначали за оптичною густиною культуральної рідини з наступним перерахунком на абсолютну суху біомасу за калібрувальним графіком.

Рівень синтезу ПАР оцінювали за такими показниками:

1) поверхневий натяг (σ_s , мН/м) визначали за допомогою напівавтоматичного тензіометра TD1C LAUDA (Німеччина). Принцип його роботи базується на визначенні сили втягування платинової пластинки, що зумовлена поверхневим натягом рідини;

2) для оцінки кількісного вмісту ПАР в культуральній рідині використовували показник «умовна концентрація ПАР» (ПАР*), який визначали як ступінь розведення супернатанту культуральної рідини в точці різкого зростання поверхневого натягу на кривій залежності s_s від логарифму показника розведення. Показник ПАР* є безрозмірною величиною;

3) індекс емульгування (E_{24} , %) культуральної рідини визначали так. До 2 мл нерозведеної культуральної рідини додавали 2 мл субстрату для емульгування (соняшникова олія) та

струшували протягом 2 хв. E_{24} визначали через 24 год як величину відношення висоти шару емульсії до загальної висоти рідини в пробірці і виражали у відсотках.

Визначення ролі ПАР у захисті клітин штаму ЕК-1 від дії Cu^{2+} здійснювали так. Культуральну рідину, отриману після культивування штаму ЕК-1 упродовж 48 год (середина експоненційної фази) та 72 год (початок стаціонарної фази) на середовищі з етанолом, піддавали ультрацентрифугуванню (10000 г, 5 хв). Для відмивання осаджених клітин від залишків поживного середовища їх суспендували у стерильній водопровідній воді і повторно центрифугували (10000 г, 5 хв), після чого ресуспендували у такому самому об'ємі стерильної водопровідної води (суспензія клітин, вільних від ПАР). Далі у пробірки типу erpendorf поміщали по 1,5 мл культуральної рідини (клітини + ПАР) і суспензії клітин, позбавлених ПАР; потім вносили Cu^{2+} у концентрації 0,01, 0,05 та 0,1 мМ, витримували у термостаті при 30 °С упродовж 1 год, після чого визначали кількість живих клітин за методом Коха на глюкозо-картопляному агаризованому середовищі.

На першому етапі визначали вплив іонів Cu^{2+} на ріст *R. erythropolis* ЕК-1 і синтез поверхнево-активних речовин (табл. 1). Як свідчать наведені у табл. 1 дані, внесення 0,01—0,05 мМ Cu^{2+} на початку процесу культивування *R. erythropolis* ЕК-1 супроводжувалось пригніченням росту та синтезу поверхнево-активних речовин. Ймовірно, це зумовлено надзвичайно низькою концентрацією ПАР на початку культивування, а отже більшою чутливістю клітин до дії металу, хоча внесення Cu^{2+} у досліджуваних концентраціях не призводило до повної загибелі культури, оскільки синтез повністю ПАР не припинявся. Внесення катіонів міді у концентрації 0,01 мМ на 48 год культивування (середина експоненційної фази) супроводжувалось підвищенням умовної концентрації ПАР на 36 % порівняно з культивуванням бактерій на середовищі без Cu^{2+} . Це може бути пов'язано з тим, що у середині експоненційної фази росту клітини перебувають у метаболічно активному стані і при контакті з токсичним металом активізується синтез ПАР. Проте вища концентрація Cu^{2+} (0,05 мМ) у експоненційній фазі пригнічувала утворення поверхнево-активних речовин.

Таблиця 1. Вплив Cu^{2+} на ріст *R. erythropolis* ЕК-1 і синтез поверхнево-активних речовин

Момент внесення Cu^{2+} , год	Концентрація Cu^{2+} , мМ	Біомаса, г/л	ПАР*	Індекс емульгування, (E_{24}), %
контроль	0	0,75 ± 0,035	4,1 ± 0,20	43 ± 2,2
0	0,01	0,18 ± 0,009	1,9 ± 0,09	40 ± 2,0
	0,05	0,13 ± 0,006	1,8 ± 0,09	41 ± 2,0
48	0,01	0,25 ± 0,012	5,6 ± 0,28	47 ± 2,9
	0,05	0,55 ± 0,028	2,8 ± 0,14	39 ± 1,7
72	0,01	0,67 ± 0,03	2,8 ± 0,14	45 ± 2,3
	0,05	0,90 ± 0,04	3,1 ± 0,15	41 ± 2,0

Зазначимо, що незалежно від моменту внесення і концентрації катіонів міді індекс емульгування культуральної рідини суттєво не змінювався і перебував у межах 40—47 % (табл. 1).

На наступному етапі здійснювали пересів усіх варіантів на середовище без металу (табл. 2). Як видно з наведених у табл. 2 даних, практично для всіх досліджуваних варіантів пересів на середовище без Cu^{2+} супроводжувався підвищенням рівня біомаси порівняно з вирощуванням за присутності катіонів міді, у той час як умовна концентрація ПАР знижувалася, а індекс емульгування суттєво не змінювався (див. табл. 1 і 2).

Отже, за внесення 0,01 мМ Cu^{2+} в експоненційній фазі росту *R. erythropolis* ЕК-1 показник умовної концентрації ПАР підвищувався, проте після пересіву на середовище без металу спостерігали зниження синтезу ПАР.

ТЕХНОЛОГІЯ

Таблиця 2. Показники росту і синтезу ПАР *R. erythropolis* ЕК-1 після пересіву на середовище без Cu^{2+}

Варіант обробки Cu^{2+}		Біомаса, г/л	ПАР*	Індекс емульгування (Е24), %
Момент внесення	Концентрація Cu^{2+} , мМ			
контроль	0	$0,75 \pm 0,035$	$4,1 \pm 0,20$	$43 \pm 2,2$
0	0,01	$0,29 \pm 0,014$	$2,0 \pm 0,10$	$40 \pm 2,0$
	0,05	$0,11 \pm 0,005$	0	$34 \pm 1,7$
48	0,01	$0,55 \pm 0,027$	$2,6 \pm 0,13$	$41 \pm 2,0$
	0,05	$0,67 \pm 0,033$	$3,2 \pm 0,16$	$42 \pm 2,1$
72	0,01	$0,80 \pm 0,040$	$2,8 \pm 0,14$	$41 \pm 2,0$
	0,05	$1,0 \pm 0,05$	$2,9 \pm 0,14$	$40 \pm 2,0$

Наступні аналогічні дослідження, проведенні із Cd^{2+} та Pb^{2+} , продемонстрували токсичний вплив даних металів у досліджуваних концентраціях на *R. erythropolis* ЕК-1. Так, після внесення у середовище катіонів як кадмію, так і свинцю не спостерігали росту бактерій і синтезу ПАР. Після пересіву культури, обробленої Pb^{2+} (0,01—0,05 мМ), на середовище без металу ріст бактерій (але не синтез ПАР) відновлювався. Цікаво зазначити, що у цьому разі спостерігали інтенсифікацію синтезу метаболітів з емульгувальними властивостями, про що засвідчило підвищення індексу емульгування (табл. 3). Найвищі емульгувальні властивості були притаманні культуральній рідині, отриманій після пересіву культури, обробленої 0,01 і 0,05 мМ Pb^{2+} в експоненційній фазі росту: показник E_{24} становив 57 і 65 % відповідно (табл. 3).

Таблиця 3. Показники росту і синтезу ПАР *R. erythropolis* ЕК-1 після пересіву на середовище без Pb^{2+}

Варіант обробки Pb^{2+}		Біомаса, г/л	Індекс емульгування, (Е24), %
Момент внесення	Концентрація Pb^{2+} , мМ		
контроль	0	$0,75 \pm 0,045$	$43 \pm 2,01$
0	0,01	$0,67 \pm 0,015$	$45 \pm 1,0$
	0,05	$0,6 \pm 0,07$	$49 \pm 1,4$
48	0,01	$0,55 \pm 0,05$	$57 \pm 0,5$
	0,05	$0,52 \pm 0,015$	$65 \pm 1,5$
72	0,01	$0,57 \pm 0,1$	$56 \pm 1,0$
	0,05	$0,7 \pm 0,07$	$55 \pm 1,3$

У разі пересіву клітин *R. erythropolis* ЕК-1, оброблених катіонами кадмію, на середовище без Cd^{2+} , не спостерігали відновлення росту і синтезу метаболітів з поверхнево-активними і емульгувальними властивостями.

Проведені раніше дослідження захисних функцій мікробного екзополісахариду етаполану (продуцент *Acinetobacter* sp. IMB B-7005) щодо важких металів показали, що виживання клітин за присутності етаполану було вищим у 3—10 разів, ніж звільнених від екзополісахариду клітин [6]. Так, наприклад, при додаванні до культуральної рідини *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 3,0—5,0 мМ Cr^{3+} чи 2,0—5,0 Pb^{2+} практично всі клітини залишалися життєздатними. Підвищення концентрації Cr^{3+} до 7,0 мМ призводило до загибелі 20 % клітин. Однак після вилучення екзополісахариду

кількість життєздатних клітин за присутності хрому знижувалась на 80—95, а свинцю — на 55—60 %. Ми припускаємо, що захисна роль поверхнево-активних речовин аналогічна дії екзополісахаридів і полягає у здатності цих сполук утворювати комплекси з металами [6].

Для перевірки цього припущення на наступному етапі визначали стійкість до Cu^{2+} клітин *R. erythropolis* ЕК-1 за присутності ПАР та клітин, позбавлених поверхнево-активних речовин. Оскільки «відповідь» на присутність катіонів міді клітин *R. erythropolis* ЕК-1 з експоненційної та стаціонарної фази росту була різною (див. табл. 1), у даних дослідженнях аналізували роль ПАР у захисті від дії металу клітин різного фізіологічного стану (табл. 4).

Наведені у табл. 4 дані засвідчують захисні функції поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ЕК-1: незалежно від концентрації катіонів міді спостерігали загибель усіх клітин, позбавлених ПАР, у той час як за присутності ПАР виживання клітин становило від 0,38 до 63,4 %. Рівень виживання клітин штаму ЕК-1 за наявності ПАР після обробки Cu^{2+} корелював з концентрацією катіонів міді: у міру збільшення вмісту міді від 0,01 до 0,1 мМ виживання клітин з експоненційної фази росту знижувалося з 63,4 до 0 %, а із стаціонарної — від 53,2 до 0,38 % відповідно. Загалом, стійкішими до дії Cu^{2+} за присутності ПАР виявилися клітини із стаціонарної фази росту, що можна пояснити вищою концентрацією синтезованих поверхнево-активних речовин.

Таблиця 4. Роль поверхнево-активних речовин у захисті *R. erythropolis* ЕК-1 від Cu^{2+}

Тривалість культивування, год	Концентрація Cu^{2+} , мМ	Виживання клітин, %	
		за присутності ПАР	без ПАР
48	0	95±5	95±5
	0,01	63,4±3,1	0
	0,05	0,54±0,03	0
	0,1	0	0
72	0	95±5	95±5
	0,01	53,2±2,6	0
	0,05	23,2±1,1	0
	0,1	0,38±0,02	0

Примітки. Умовна концентрація ПАР після 48 і 72 год культивування становила $1,1\pm0,05$ і $1,7\pm0,08$; рівень біомаси — $0,32\pm0,016$ і $0,55\pm0,027$ г/л відповідно. Тривалість експозиції за присутності катіонів міді — 1 год.

Висновки. Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що внесення 0,01—0,05 мМ Cu^{2+} і Pb^{2+} у середовище культивування *R. erythropolis* ЕК-1 стимулює утворення метаболітів з поверхнево-активними (Cu^{2+}) і емульгуювальними властивостями (Pb^{2+}). Показано, що клітини *R. erythropolis* ЕК-1 за присутності ПАР є стійкими до дії Cu^{2+} у концентрації 0,01—0,1 мМ, причому вища резистентність притаманна культурі із стаціонарної фази росту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mulligan C.N. Environmental applications for biosurfactants // Environ. Pollution. — 2005. — Vol. 133. — P. 183—198.
2. Cameotra S.S., Makkar R.S. Synthesis of biosurfactants in extreme conditions // Microbiol. Biotechnol. — 1998. — Vol. 50. — P. 520—529.
3. van Hamme J., Singh A., Ward O.P. Physiological aspects Part 1 in a series of papers devoted to surfactants in microbiology and biotechnology // Biotechnol. Adv. — 2006. — Vol. 24. — P. 604—620.
4. 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

ТЕХНОЛОГІЯ

гидрофобных субстратах // Прикладная биохимия и микробиология. — 2004. — Т. 40, № 5. — С. 544—550.

5. Морозова А.П., Пирог Т.П., Антонюк С.И. Влияние поверхностно-активных веществ *Acinetobacter calcoaceticus* К-4 и *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 на эффективность микробной деструкции нефтяных загрязнений // Мат-лы Межд. научн. конф. «Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии» (31 мая—4 июня 2010 г., Минск, Беларусь). — С. 372—374.

6. Підгорський В.С., Іутинська Г.О., Пирог Т.П. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу. К.: Наук. думка, 2010. — 327 с.

Одержана редколегією 22.02.11 р.

УДК 759.873.088.5:661.185

І.В. БІЛЕЦЬ, магістрант

А.Д. КОНОН, асп.

Т.П. ПИРОГ, д-р біол. наук

Національний університет харчових технологій

ВПЛИВ МОЛЯРНОГО СПІВВІДНОШЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ МОНОСУБСТРАТІВ У СУМІШІ НА СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО- АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER* *CALCOACETICUS* K-4

Встановлено залежність синтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 на суміші енергетично надлишкового (гексадекан) і енергетично дефіцитних (гліцерин, глюкоза, етанол) субстратів від молярного співвідношення їх концентрацій у суміші. Показники синтезу ПАР на суміші гексадекану й етанолу, гексадекану і глюкози, гексадекану і гліцерину у молярному співвідношенні 1:1, 1:1, 1:6 відповідно були в 1,3—4,8 разів вищими порівняно з культивуванням бактерій на відповідних енергетично дефіцитних моносубстратах.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, *Acinetobacter calcoaceticus* K-4, інтенсифікація біосинтезу, енергетично нерівноцінні ростові субстрати, молярне співвідношення

Установлена зависимость синтеза поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 на смеси энергетически избыточного (гексадекан) и энергетически дефицитных (глицерин, глюкоза, этанол) субстратов от молярного соотношения их концентраций в смеси. Показатели синтеза ПАВ на смеси гексадекана и этанола, гексадекана и глюкозы, гексадекана и глицерина в молярном соотношении 1:1, 1:1, 1:6 соответственно были в 1,3—4,8 раза выше по сравнению с культивированием бактерий на энергетически дефицитных моносубстратах.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, *Acinetobacter calcoaceticus* K-4, интенсификация биосинтеза, энергетически неравноценные ростовые субстраты, молярное соотношение

It was established that synthesis of surface-active substances depended on the molar ratio of monosubstrates under *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 cultivation on mixture of energy excess (hexadecane) and energy deficient (glycerol, glucose, ethanol) substrates. Indexes of the production of the surface-active substances on mixture of hexadecane and ethanol, hexadecane and glucose, hexadecane and glycerol with molar ratio 1:1, 1:1, 1:6 respectively increased in 1,3—4,8 fold as compared with bacteria's growth on energy deficient monosubstrates.

Key words: surface active substances, *Acinetobacter calcoaceticus* K-4, intensification of biosynthesis, energy nonequivalent growth substrates, molar ratio

Одним із шляхів удосконалення технологій мікробного синтезу є використання суміші ростових субстратів для культивування продуцентів. Такий підхід дає змогу уникнути непродук-

ТЕХНОЛОГІЯ

тивних витрат вуглецю та енергії, які мають місце за використання моносубстратів, а також підвищити ефективність трансформації вуглецю субстратів у вторинні метаболіти [3, 4].

У наших попередніх дослідженнях було встановлено можливість інтенсифікації синтезу метаболітів з поверхнево-активними та емульгуювальними властивостями за умов росту *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 на суміші енергетично нерівноцінних субстратів (енергетично надлишкового гексадекану і енергетично дефіцитних гліцерину, глюкози, етанолу) [2]. У ході досліджень було показано залежність ефективності біосинтезу від природи джерела вуглецю в середовищі для одержання інокуляту та від концентрації субстратів у суміші. Проте варто зазначити, що синтез ПАР на змішаних субстратах може залежати не лише від загального вмісту моносубстратів, а й від молярного співвідношення їх концентрацій у суміші [5, 6].

У праці [6] показано, що синтез рамноліпідів *Pseudomonas aeruginosa* SP4 на пальмовій олії за внесення глюкози як допоміжного субстрату був найвищим за співвідношення концентрацій гідрофобного і гідрофільного джерел вуглецю 40:1. Подальше підвищення вмісту вуглеводу у суміші не давало позитивного ефекту, більш того, за високих концентрацій глюкоза інгібувала споживання гідрофобного субстрату. Інші дослідники [5] показали, що для синтезу софороліпідів оптимальним субстратом була суміш меляси (50 г/л) і соєвої олії (50 г/л). Проте це не дає підстав вважати оптимальним співвідношення концентрацій моносубстратів 1:1, оскільки за підвищення вмісту меляси до 100 і 150 г/л відповідно спостерігали зниження показників синтезу ПАР [5].

Аналогічне явище мало місце і в наших попередніх дослідженнях [2]. У міру підвищення концентрацій моносубстратів у суміші спостерігали зниження показників синтезу ПАР *A. calcoaceticus* K-4, хоча незалежно від концентрацій на змішаних субстратах умовна концентрація ПАР була в 1,3—4 рази вищою, ніж на відповідних моносубстратах.

Мета даної роботи — визначення оптимального для синтезу ПАР *A. calcoaceticus* K-4 молярного співвідношення концентрацій енергетично нерівноцінних моносубстратів у суміші.

Штам *A. calcoaceticus* K-4, ізолюваний нами із забруднених нафтою зразків ґрунту, депоновано у Депозитарії Інституту мікробіології та вірусології НАН України за номером ІМВ В-7241.

Культивування *A. calcoaceticus* K-4 здійснювали на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): NaCl — 1,0; Na₂HPO₄ — 0,6; (NH₂)₂CO — 0,35; MgSO₄·7H₂O — 0,1; KH₂PO₄ — 0,14; рН 6,8—7,0. У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка) і розчин мікроелементів [1] — 0,1 % (об'ємна частка). Як джерело вуглецю та енергії використовували:

- суміш гексадекану (0,5 %, об'ємна частка) та гліцерину (0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 %, об'ємна частка) у молярному співвідношенні 1:3; 1:4; 1:5; 1:6; 1:7 відповідно;
- суміш гексадекану (0,5 %, об'ємна частка) та глюкози (0,24; 0,48; 0,72; 1,2; 1,7 %, масова частка) у молярному співвідношенні 1:1; 1:2; 1:3; 1:5; 1:7 відповідно;
- суміш гексадекану (0,5 %, об'ємна частка) й етанолу (0,1; 0,23; 0,31; 0,4; 0,5; 0,54 %, об'ємна частка) у молярному співвідношенні 1:1; 1:3; 1:4; 1:5; 1:6,5; 1:7 відповідно;
- моносубстрати гексадекан, етанол, глюкоза, гліцерин в концентраціях, еквімолярних за вуглецем концентраціям відповідних змішаних субстратів.

Посівним матеріалом слугувала культура *A. calcoaceticus* K-4 з експоненційної фази росту, вирощена на рідкому середовищі наведеного вище складу. Джерелами вуглецю в середовищі для одержання інокуляту були моносубстрати гексадекан, гліцерин, етанол, глюкоза у концентрації 0,5 %, а також суміш глюкози і гексадекану; етанолу і гексадекану у концентрації 0,25 % кожного з субстратів. Для кожного з варіантів змішаного субстрату використовували інокулят, вирощений на середовищі з оптимальним джерелом вуглецю [2]. Концентрація посівного матеріалу (10^4 — 10^5 клітин/мл) становила 5 % від об'єму середовища. Культивування здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) упродовж 120 год при 30 °С.

Показники росту і синтезу ПАР (біомаса, умовна концентрація ПАР — ПАР*, індекс емульгування E_{24} , %) визначали як описано у праці [1]. Для оцінки ефективності синтезу ПАР використовували також показники умовного виходу ПАР від біомаси та від субстрату. Умовний вихід ПАР по відношенню до біомаси визначали як відношення умовної концентрації ПАР до рівня біомаси та позначали ПАР*/г біомаси. Умовний вихід ПАР від субстрату визначали як

відношення показника ПАР* до вмісту вуглецю в середовищі та позначали ПАР*/г С, де г С — це кількість вуглецю в змішаному або моносубстраті.

Оскільки у попередніх дослідженнях [2] показники синтезу ПАР *A. calcoaceticus* K-4 були найвищими за концентрації кожного з моносубстратів у суміші 0,5 %, ці концентрації енергетично нерівноцінних субстратів були обрані нами як базові для визначення їх оптимального молярного співвідношення. Розрахунки показали, що за таких концентрацій гексадекану і гліцерину молярне співвідношення цих субстратів у суміші становить 1:5,2, гексадекану і глюкози — 1:2,2, гексадекану й етанолу — 1:6,5.

Експерименти показали, що показники синтезу ПАР корелювали зі зміною молярного співвідношення концентрацій енергетично нерівноцінних субстратів у суміші. Як видно з даних, наведених у табл. 1, найвищі показники синтезу ПАР за умов росту продуцента на суміші гексадекану й етанолу спостерігалися за молярного співвідношення концентрацій гідрофобного і гідрофільного джерел вуглецю 1:1. У міру підвищення концентрації етанолу у змішаному субстраті поступово знижувався умовний вихід ПАР від субстрату та біомаси, досягаючи найнижчих значень (0,79 ПАР*/г С і 2,3 ПАР*/г біомаси відповідно) за молярного співвідношення концентрацій гексадекану й етанолу 1:7. У цьому разі індекс емульгування культуральної рідини також був мінімальним (40 %).

Оптимальним молярним співвідношенням концентрацій гексадекану і глюкози у суміші також виявилось співвідношення 1:1 (табл. 1). Зазначимо, що максимальне значення умовної концентрації ПАР (3,2) було зафіксовано за молярного співвідношення концентрацій гексадекану і глюкози 1:2, проте різниця між значенням цього показника за співвідношення моносубстратів 1:1 та 1:2 виявилася статистично недостовірною. У той же час умовний вихід ПАР від субстрату і біомаси (0,86 ПАР*/г С і 2,3 ПАР*/г біомаси відповідно) був найвищим за молярного співвідношення гексадекану і глюкози 1:1. Так само, як і за умов росту *A. calcoaceticus* K-4 на суміші гексадекану й етанолу, під час культивування бактерій на суміші гексадекану і глюкози підвищення концентрації у суміші гідрофільного джерела вуглецю супроводжувалося зниженням усіх досліджуваних показників синтезу ПАР. Варто зазначити, що незалежно від молярного співвідношення концентрацій даних субстратів індекс емульгування культуральної рідини суттєво не змінювався і становив 50—52 % (табл. 1).

Таблиця 1. Синтез ПАР *A. calcoaceticus* K-4 за різного молярного співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші

Субстрат	Молярне співвідно-шення субстратів у суміші	Показники синтезу ПАР			
		ПАР *	E24, %	Умовний вихід ПАР від субстрату, ПАР*/г С	Умовний вихід ПАР від біомаси, ПАР*/г біомаси
Гексадекан + етанол	1:1	4,2±0,20	44±2,4	1,46±0,07	3,2±0,15
	1:3	3,5±0,17	45±2,5	0,99±0,05	3,2±0,15
	1:4	3,6±0,18	44±2,4	0,95±0,05	2,3±0,11
	1:5	4,0±0,20	47±2,5	0,97±0,05	2,6±0,13
	1:6,5	3,8±0,19	40±2,0	0,83±0,04	2,9±0,14
	1:7	3,8±0,19	40±2,0	0,79±0,03	2,3±0,11
Гексадекан + глюкоза	1:1	3,0±0,15	50±2,5	0,86±0,04	2,3±0,11
	1:2	3,2±0,16	50±2,5	0,72±0,03	2,0±0,10
	1:3	2,8±0,14	52±2,6	0,52±0,02	2,0±0,10
	1:5	2,4±0,12	52±2,6	0,33±0,01	1,7±0,08
	1:7	2,1±0,10	50±2,5	0,23±0,01	1,4±0,07

Субстрат	Молярне співвідношення субстратів у суміші	Показники синтезу ПАР			
		ПАР *	E24, %	Умовний вихід ПАР від субстрату, ПАР*/г С	Умовний вихід ПАР від біомаси, ПАР*/г біомаси
Гексадекан + гліцерин	1:3	2,8±0,14	46±2,5	0,76±0,03	1,6±0,08
	1:4	3,8±0,18	40±2,5	0,85±0,04	2,3±0,11
	1:5	4,0±0,20	47±2,4	0,81±0,04	2,8±0,14
	1:6	4,3±0,20	52±2,6	0,80±0,04	2,9±0,14
	1:7	4,0±0,20	33±1,8	0,68±0,03	2,4±0,12

Примітка. Під час культивування штаму К-4 на суміші гексадекану і глюкози, гексадекану і етанолу інокулянт вирощували на відповідних змішаних субстратах, за умов росту бактерій на суміші гексадекану і гліцерину посівний матеріал вирощений на гексадекані. г С — вміст вуглецю в субстраті.

Інші закономірності спостерігалися у процесі вирощування *A. calcoaceticus* К-4 на суміші гексадекану і гліцерину. У міру збільшення молярного співвідношення концентрацій гідрофобного і гідрофільного субстратів від 1:3 до 1:6 спостерігали поступове підвищення умовної концентрації ПАР від 2,8 до 4,3, індексу емульгування — від 46 до 52 %, а умовного виходу ПАР від біомаси — від 1,6 до 2,9 ПАР*/г біомаси (табл. 1). За молярного співвідношення концентрацій гексадекану і гліцерину 1:7 усі показники синтезу ПАР знижувалися.

Наведені у табл. 2 дані щодо відносного збільшення показників синтезу поверхнево-активних речовин у процесі культивування штаму К-4 на змішаних субстратах засвідчують, що за використання суміші гексадекану й етанолу, гексадекану і глюкози, гексадекану і гліцерину у молярному співвідношенні 1:1, 1:1 та 1:6 відповідно умовна концентрація ПАР зростала на 27—480, умовний вихід ПАР від субстрату — на 26—492, а умовний вихід ПАР від біомаси — на 16—212 % порівняно з культивуванням бактерій на відповідних енергетично дефіцитних моносубстратах.

Таблиця 2. Відносне збільшення показників синтезу ПАР за умов росту *A. calcoaceticus* К-4 на змішаних субстратах

Змішаний субстрат	Молярне співвідношення субстратів у суміші	Показники синтезу ПАР		
		ПАР*, % від контролю	ПАР*/г С, % від контролю	ПАР*/г біомаси, % від контролю
Гексадекан + етанол	1:1	27±1,4	25,9±1,3	16,3±0,8
Гексадекан + глюкоза	1:1	480±24	492±24	139±7
Гексадекан + гліцерин	1:6	375±19	366±18	212±10

Примітка. Контроль (100 %) — показники синтезу на відповідних енергетично-дефіцитних субстратах, в яких концентрація вуглецю еквімолярна концентрації змішаного субстрату.

Як видно з наведених у табл. 2 даних, найменш «ефективним» змішаним ростовим субстратом виявилася суміш гексадекану й етанолу, оскільки за умов росту *A. calcoaceticus* К-4 на такому субстраті показники синтезу ПАР підвищувалися незначно (на 16—27 %) порівняно з такими на етанолі. Разом з тим, наведені дані засвідчують залежність синтезу поверхнево-активних речовин штамом К-4 від молярного співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші.

Варто зазначити, що ми не можемо однозначно трактувати отримані дані щодо оптимальних для синтезу ПАР *A. calcoaceticus* К-4 молярних співвідношень концентрацій енергетично нерівноцінних субстратів у суміші. Причин цьому кілька.

По-перше, у разі зміни молярного співвідношення концентрацій моносубстратів у середовищі суттєво змінювалося співвідношення вуглець/азот, а ефективність синтезу поверхнево-активних речовин (як і інших вторинних метаболітів) суттєво залежить від значення цього показника.

По-друге, у дослідженнях, присвячених утворенню ПАР *A. calcoaceticus* K-4 на суміші субстратів, як основний показник синтезу поверхнево-активних речовин ми використовували умовну концентрацію ПАР. Під час проведення великої серії експериментальних досліджень визначення ПАР* є оправданим, оскільки цей експрес-метод дає змогу досить швидко (упродовж 10—20 хв) оцінити ефективність процесу біосинтезу. Проте коректнішим є визначення кількості синтезованих ПАР ваговим методом. Як показали попередні дослідження, не завжди спостерігається чітка кореляція між цими двома показниками.

По-третє, під час досліджень синтезу ПАР на суміші субстратів *A. calcoaceticus* K-4 вирощували на середовищі, склад якого був оптимізований для етанолу як джерела вуглецю і енергії [1]. Не виключено, що за умов росту на інших як моно-, так і змішаних субстратах вимоги до складу поживного середовища виявляться іншими. Це насамперед стосується наявності у середовищі культивування штаму K-4 дріжджового автолізу і мікроелементів. Як показали попередні дослідження (неопубліковані дані), у процесі вирощування *A. calcoaceticus* K-4 на середовищі з гліцерином іони заліза інгібують синтез ПАР. Крім того, показники синтезу поверхнево-активних речовин на цьому субстраті знижувалися у разі використання інокуляту, вирощеного на середовищі з дріжджовим автолизом і мікроелементами, порівняно із застосуванням посівного матеріалу, вирощеного на середовищі без факторів росту.

По-четверте, для коректного визначення оптимального молярного співвідношення ростових субстратів у суміші необхідне здійснення теоретичних розрахунків енергетичних потреб синтезу ПАР і біомаси на енергетично дефіцитному субстраті з наступним визначенням концентрації енергетично надлишкового субстрату, що забезпечить «покриття» енергетичних витрат на цей процес. Проведення ж теоретичних розрахунків передбачає знання шляхів метаболізму відповідних моносубстратів у продуцента ПАР.

Так, у попередніх дослідженнях [3] нами було показано, що синтез мікробного екзополісахариду етаполану на суміші енергетично нерівноцінних C_2 — C_6 -субстратів залежав від способу підготовки посівного матеріалу, молярного співвідношення концентрацій моносубстратів у суміші, співвідношення вуглець/азот у середовищі культивування. За умов росту продуцента етаполану на суміші фумарату і глюкози максимальні показники синтезу полісахариду спостерігалися у разі використання інокуляту, вирощеного на глюкозі, молярного співвідношення фумарату і глюкози 4:1 і співвідношенні вуглець/азот 70,5.

Це свідчить про необхідність проведення подальших досліджень зі встановлення оптимальних умов синтезу ПАР *A. calcoaceticus* K-4 на суміші енергетично нерівноцінних субстратів.

Висновок. У результаті проведеної роботи встановлено, що за умов росту *A. calcoaceticus* K-4 на змішаних субстратах ефективність синтезу поверхнево-активних речовин залежить від молярного співвідношення концентрацій субстратів у суміші. Показано, що використання суміші енергетично надлишкового гексадекану та енергетично дефіцитних глюкози, етанолу і гліцерину в молярних співвідношеннях 1:1, 1:1, 1:6 відповідно дає змогу на 27—480 % підвищити умовну концентрацію ПАР порівняно з використанням енергетично дефіцитних моносубстратів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пирог Т.П., Антонюк С.И., Карпенко Е.В., Шевчук Т.А. Влияние условий культивирования штамма *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 на синтез поверхностно-активных веществ // Прикл. биохимия и микробиология. — 2009. — Т. 45, № 3. — С. 304—310.
2. Пирог Т.П., Білець І.В., Конон А. Д. Синтез поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 на суміші енергетично нерівноцінних ростових субстратів // Наукові праці НУХТ. — 2010 (у друці).
3. Пирог Т.П., Конон А.Д. Интенсификация технологий микробного синтеза практически важных вторинных метаболитов // Наукові праці НУХТ. — 2010. — № 33. — С. 32—35.

ТЕХНОЛОГІЯ

4. *Babel W., Møller R.H.* Mixed substrate utilization in microorganisms: biochemical aspects and energetics // J. Gen. Microbiol. — 1985. — V. 131. — P. 39—45.

5. *Daverey A., Pakshirajan K.* Kinetics of growth and enhanced sophorolipids production by *Candida bombicola* using a low-cost fermentative medium // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2010. — V. 160. — P. 2090—2101.

6. *Pansiripat S., Pornsunthorntawe O., Rujiravanit R., Kitiyanan B., Somboonthanate P., Chavadej S.* Biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* SP4 using sequencing batch reactors: effect of oil-to-glucose ratio // Biochem. Engneen. J. — 2010. — V. 49. — P. 185—191.

Одержана редколегією 24.02.2011 р.

Ю.Ф. СНЕЖКІН, д-р техн. наук, проф.,
Ж.О. ПЕТРОВА, канд. техн. наук
Інститут технічної теплофізики НАН України

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РОСЛИННИХ ПОРОШКІВ

В статті наведено аналіз ринку функціональних продуктів. Зроблено класифікацію рослинних порошків за їх функціональними інгредієнтами. Дано рекомендації по використанню функціональних порошків. Показано від яких факторів залежить збереження нутрієнтів під час переробки сировини.

Ключові слова: антиоксиданти, фолати, пребіотики, фітоекстрогени, функціональні порошки.

В статье приведен анализ рынка функциональных продуктов. Составлена классификация растительных порошков по их функциональным ингредиентам. Дана рекомендация по использованию функциональных порошков.

Ключевые слова: антиоксиданты, фолаты, пребиотики, фитоэкстрогены, функциональные порошки.

In the article presented the analysis of functional foods market. It was made the classification of herbal powders based on their functional ingredients. It is presented the recommendations about using of functional powders. It is shown the factors which influence the preserving nutrients during recycling of raw material.

Key words: antioxidants, folates, probiotics, fitoekstroheny, functional powders.

Правильне харчування — це перша умова для забезпечення хорошої якості життя, тому що воно стає стартовим майданчиком не лише для фізичного здоров'я, але і для соціальної та психологічної рівноваги в житті.

Повноцінне харчування потребує не лише необхідної кількості енергії із компонентів харчування (головним чином вуглеводів та жирів), але і відповідного вживання незамінних амінокислот (у вигляді білку), незамінних жирних кислот, вітамінів та мінеральних речовин.

При визначенні потреби в харчових компонентах їжі акцент звичайно необхідно робити на розгляд кількості цих речовин необхідних для оптимізації фізіологічних та психічних функцій організму. Важливим при цьому є зведення до мінімуму розвитку дегенеративних захворювань, а не просто для запобігання недостатнього харчування.

Зафіксовано також дефіцит багатьох інших важливих для життєдіяльності організму людини з'єднань. В цих умовах ризик розвитку більшості поширених захворювань людини, в тому числі і онкозахворювань, багаторазово збільшується [1].

Яким чином можливо вирішити цю непросту дилему ?

Якщо вживати велику кількість їжі, при малих енерговитратах, це призведе до надлишкової ваги тіла та росту захворювань. Зберігання малої кількості їжі в раціоні харчування призводить до формування нестачі багатьох важливих для життєдіяльності речовин.

Найбільш правильним та економічно обґрунтованим шляхом є підвищення харчової густини продуктів, тобто додаткове збагачення їжі мікронутрієнтами та іншими важливими для здоров'я речовинами.

ТЕХНОЛОГІЯ

Інший шлях — це вживання їжі функціонального призначення в повсякденному раціоні харчування. Використання біологічно активних інгредієнтів в широкому діапазоні дозволить ефективно підвищити якість харчування та продовжити тривалість життя людини здорової, а тим більше хворої.

Існує декілька раціонів їжі, які мають свої особливості. Так керівництвом освіти в галузі здоров'я Великобританії запропонована модель раціону їжі, яка на наш погляд, найбільш раціональна [2]. Ця модель складається із зображення раціону їжі, який представлений продуктами п'яти категорій:

- фрукти і овочі — 33 %;
- хліб, злаки, картопля — 33 %;
- м'ясо, риба та альтернативні продукти типу бобових — 12 %;
- молоко та молочні продукти — 15 %;
- жири і цукор — 8 %.

З цієї моделі видно, що рослинні продукти становлять більш ніж 66 % харчування з урахуванням бобових компонентів.

Фруктова та овочева сировина особливо цінні за вмістом аскорбінової кислоти, каротиноїдів, біофлаваноїдів і є основним та практично єдиним їх постачальником. Ці речовини відносяться до есенціальної групи та повинні регулярно поступати в організм людини з їжею, не залежно від сезону.

Сучасні наукові дослідження в великій мірі підтверджують точку зору, що зменшення ризику захворювання, вмісту холестерину, ожиріння, ослаблений імунітет, головну роль виконують конкретні харчові продукти, їх інгредієнти. Багато виробників харчових продуктів проявляють зацікавленість в задоволенні потреб у збагачених продуктах, комбінуючи різні інгредієнти потрібним шляхом.

Функціональні харчові продукти також вважаються необхідними елементами харчового раціону та можуть бути корисними в лікуванні захворювань, які є наслідком класичного дефіциту харчових речовин.

Рослинна сировина особливо цінна за вмістом аскорбінової кислоти, фолатів, каротиноїдів, біофлаваноїдів і є основним та практично єдиним їх постачальником. Ці речовини відносяться до есенціальної групи та повинні регулярно поступати в організм людини з їжею, незалежно від сезону. Багато таких цінних речовин втрачається під час зберігання та переробки рослинної сировини, тому розробка більш ефективних та більш придатних способів переробки та консервації харчових продуктів залишається досить актуальною.

В нашому інституті розроблена технологія отримання харчових порошоків з рослинної сировини. Сушіння як метод консервування харчових продуктів з наступним отриманням порошоків дозволяє отримати продукцію високої якості. Згідно технологій рослинну сировину перед сушінням оглядають, миють, очищають, бланшують, нарізають та сушать. Сушіння відбувається чистим повітрям конвективним способом. Сухий продукт охолоджують, подрібнюють та розсіюють [3].

Харчові порошки дисперсністю до 250 мкм, які отримують з рослинної сировини, застосовуючи м'які режими зневоднення, зберігають та концентрують в 5—6 разів, завдяки низькому вологовмісту 6—8 %, всі інгредієнти вихідної сировини. Вони мають антиоксидантні, пребіотичні, фітоекстрогенні та фолатовмісні властивості і тому їх можна віднести до функціональних продуктів [3].

При розробці нового харчового продукту для оптимізації стабільності нутрієнтів, які містяться в сировині потрібно дотримуватись умов представлених на рис.1. Ці фактори дуже важливі, тому їх потрібно враховувати при виробництві функціональних харчових продуктів.

Рослинну сировину, яка поступає на переробку, перед миттям та оглядом потрібно перевіряти на наявність в ній шкідливих речовин. В першу чергу пестицидів та нітратів. Враховуючи, високий ступінь окислення таких антиоксидантів як вітамін С та в-каротин, сировину, яка містить у великій кількості ці інгредієнти, потрібно інтенсифікувати процес її переробки. Слід також враховувати під час комбінації різної рослинної сировини взаємодію вітамінів між собою. Така взаємодія може призводити до прискорення розщеплення одного або кількох вітамінів у харчовому продукті.

Встановлено, що вступають у небажану взаємодію 4 із 13 вітамінів, а саме аскорбінова кислота з фолієвою кислотою, тіамін — фолієва кислота, тіамін — вітамін B_{12} . Інша взаємодія може бути бажаною, особливо це стосується підвищення водо розчинності слаботорозчинних вітамінів — так, нікотинамід діє на рибофлавін і фолієву кислоту, як розчинник [4].

Прикладом позитивної взаємодії є поєднання білків, жирів з жиророзчинними вітамінами. Відомо, що провітамін в-каротин перетворюється в організмі людини у вітамін А в присутності жиру та білку, тому доцільно створити такий харчовий продукт, в якому були б у достатній кількості поєднані ці компоненти. Таким вимогам відповідає комбінований продукт з гороху та моркви. Горох замочують у воді при температурі 18—20 °С протягом 60 хв, промивають, заливають холодною водою, доводять до кипіння, проварюють 20 хв, гарячі боби змішують з подрібненою морквою, залишають суміш на 5 хв, а потім разом подрібнюють.

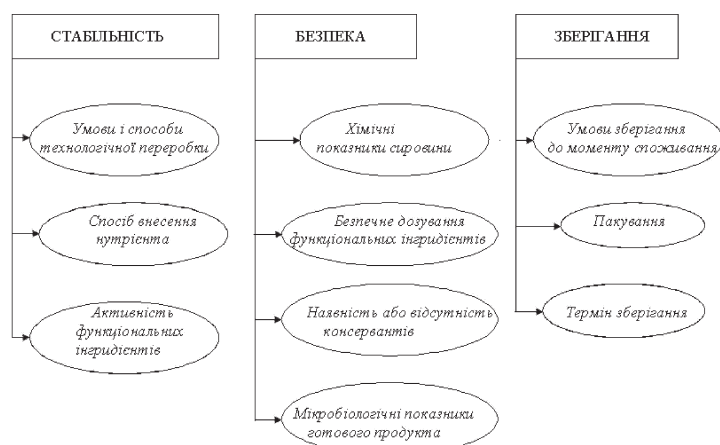


Рис.1. Умови одержання функціональних продуктів

Попереднє замочування та теплова обробка, використовується як основний метод руйнування антипоживних речовин, що знаходяться в горосі.

Процеси дифузії і екстракції при попередній обробці гороху сприяють вилученню глюкозидів, олігоцукрів, які не засвоюються організмом людини, та ароматичних речовин (продукти розпаду жирних кислот).

При гіротермічній обробці (проварювання гороху протягом 20 хв), відбувається інактивація ферментів і часткова втрата легколетких та розчинних у воді продуктів розпаду, що забезпечує значне підвищення перетравлювання білків.

Збільшення температури і тривалості обробки призводить до зниження доступності амінокислот, завдяки інтенсивній взаємодії між функціональними групами білка та редуцированими цукрами, жирами та іншими речовинами, що погіршує засвоєння їх організмом.

Забарвлення харчових порошоків, нарівні зі смаковими властивостями, є основним показником їх споживчої якості, тому стабілізація в-каротину та інших фізіологічно-важливих речовин в процесі технологічної переробки моркви є головною умовою отримання високоякісного продукту.

Подрібнену на стружку моркву змішують з нагрітим до температури 90 °С горохом, витримують 5 хв, при цьому інактивуються ферменти ліпоксигіназного комплексу моркви, збільшується еластичність плодових тканин, клітинні оболонки стають більш проникливими, що покращує віддачу вологи під час сушіння, волога, при ретельному перемішуванні, обох компонентів перерозподіляється і вирівнюється. При цьому відбувається інтенсифікація процесу сушіння та максимальне збереження в-каротину.

Авторами були проведені дослідження конвективного сушіння горохово-морквяної суміші. Кінетика сушіння відбувалася при постійному вологовмісті повітря на експериментальному стенді.

ТЕХНОЛОГІЯ

Зрази дослідного матеріалу кладуть в сушильну камеру. Процес сушіння проводили при таких параметрах: температурі теплоносія Т-70 °С, 90 °С; товщиною шару матеріалу h-5 мм; швидкістю сушильного агента V-2,2 м/с. Через кожні 9 секунд автоматично фіксували масу і температуру на поверхні та всередині зразка. Також зразки горохо-морквяної суміші сушили у сушильній шафі при температурі Т-70 °С, швидкістю сушильного агента V- 0 м/с.

Температурні режими сушіння контролювались визначенням загальної кількості каротиноїдів у горохово-морквяній суміші після сушіння. Результати дослідження наведені на рис. 2.

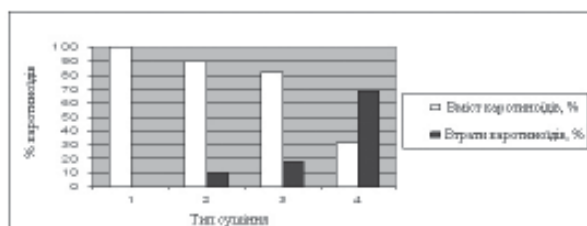


Рис. 2. Вплив умов сушіння на вміст каротиноїдів:

1. вихідний матеріал; 2. сушіння при температурі теплоносія Т = 70 °С, V = 2,2 м/с, h = 5 мм; 3. сушильна шафа Т = 70 °С, V = 0 м/с, h = 5 мм; 4. сушіння при температурі теплоносія Т = 90 °С, V = 2,2 м/с, h = 5 мм.

У вихідній сировині вміст каротиноїдів залежить від сорту моркви, тому у дослідній сировині вміст каротиноїдів знаходиться у інтервалі 50—60 мг/%. Горохово-морквяна суміш містила 55 мг % каротиноїдів в перерахунку на суху речовину. Як видно з рисунка при температурі теплоносія Т-70 °С, відносно високий вміст каротиноїдів. При конвективному сушінні втрати каротиноїдів становлять у даному випадку 10 %, а сушіння в сушильній шафі, призводить до втрати 18 % каротиноїдів. Ці втрати за рахунок окислення каротиноїдів із збільшенням тривалості сушіння сировини. При температурі теплоносія 90 °С втрати каротиноїдів становлять 69 %. При сушінні вівсяно-морквяної та квасолево-морквяних сумішей були отримані аналогічні результати втрати каротиноїдів. Оптимальним режимом сушіння білково-каротинових сумішей є температура теплоносія 70 °С та швидкості сушильного агента V = 2,2 м/с.

Запропоновані режими сушіння, як показали проведені дослідження, забезпечили отримання нового універсального горохово-морквяного порошку, збалансованого за вмістом амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин, білків, вуглеводів та жирів. Результати досліджень представлені в таблиці 1 та 2.

Таблиця 1. Фізико-хімічний склад горохово-морквяного порошку (в перерахунку на 100 г сухих речовин)

Вуглеводи	Пектин	Клітковина	Білок	Ліпіди	Зола	Орган. кислоти	Каротиноїди, мг %
45,9	6	9	19	13	5,2	0,9	55

Поєднання каротиновмісної сировини з жировмісною та білковмісною сировиною продовжує термін зберігання порошків [5].

За нашими дослідженнями на рисунку 3 представлена класифікація рослинних порошків за їх властивостями. Як видно з рисунка ці порошки розділені на групи. В антиоксидантних порошках у сконцентрованому вигляді збережена максимальна кількість каротиноїдів, вітаміну С, вітаміну Е, які виступають в ролі антиоксидантів.

Пребіотичні порошки містять в собі велику кількість харчових волокон, наприклад, буряковий жмх складається на 95 % з харчових волокон.

Фітоекстрогени — це речовини, які знаходяться в нативній рослинній сировині. Вони містять в собі декілька класів хімічних сполук. Серед них виділяють найбільших три класи ізофлавоної, куместани та лігніни. Ізофлавоної — геністин, даїдзин, гліцитин є практично у всіх овочах, але основним джерелом постачання є соя та горох [6]. Тому порошки, які містять ці

овочі віднесені до фітоекстрогенних. Хоча ізофлавіони в деяких випадках виступають в ролі антиоксидантів як і кверцетин [7].

Таблиця 2. Амінокислотний вміст білка горохово-морквяного порошку (в г на 100 г продукту).

Амінокислоти замінні	Вміст	Амінокислоти незамінні	Вміст
Замінні	11,404	Незамінні	6,717
Гістидін	0,468	Лізин	1,35
Аргінін	1,54	Валін	0,908
Окспиролін	0	Метіонін	0,278
Асп.к-та	1,418	Ізолейцин	0,824
Серін	0,952	Треонін	0,744
Глут.к-та	3,654	Лейцин	1,469
Пролін	0,829	Фенілаланін	0,969
Гліцин	0,77	Триптофан	0,175
Аланін	0,905	Всього	18,121
Цистин	0,322		
Тирозин	0,546		

Тривалий час вважали, що наше харчування повинно лише забезпечувати організм людини достатньою кількістю вітамінів і вітаміноза в наш час уже не існує. У двадцять першому столітті люди у країнах з розвинутою економікою уже не хворіють на такі захворювання як цинга та куряча сліпота. Останні дослідження вчених показали, що люди старшого віку хворіють фолієво-дефіцитною анемією.

У вагітних жінок, які мають недостатню кількість фолата в організмі народжуються діти з пороком центральної нервової трубки. На ранніх періодах вагітності фолат потрібний для синтезу ДНК компонентів центральної нервової системи [8].

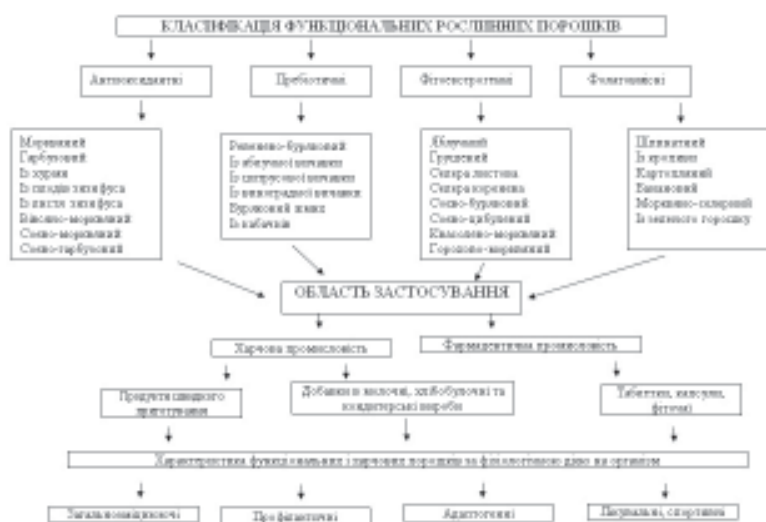


Рис. 3. Класифікація рослинних порошків

ТЕХНОЛОГІЯ

Порошки шпинатний, із картоплі, бананів, кропиви, морквяно-селерний містять в собі велику кількість фолата і відносяться до групи фолатовмісних [5].

Результати наших досліджень показали, що рослинні функціональні порошки можуть використовуватись у виробництві кондитерських, молочних, хлібобулочних та макаронних та інших виробів не лише для збагачення їх функціональними інгредієнтами. Вони покращують структурно-механічні властивості тіста та зовнішній вигляд готових виробів. Так, макаронні та кондитерські вироби мають колір властивий кольору порошоків внесених у рецептуру. В кексах та бісквітах білок, яких міститься в сої та горосі покращує структуру виробу [9].

У молочних výroбах порошок із гарбуза та банана замінює стабілізатор.

Порошки можна використовувати для виробництва супів, каш та десертів швидкого приготування та може бути багато інших застосувань в харчових výroбах. Робота в цьому напрямку продовжується.

Висновки. Таким чином, добавка функціональних рослинних порошоків в продукти харчування є найбільш перспективною для створення профілактичних продуктів. Вони можуть бути сировиною для кондитерських хлібобулочних виробів, продуктів швидкого приготування, виробництва таблеток та гранул, трав'яних чаїв. Із широкого асортименту продуктів харчування споживач вибирає ті, які мають такі властивості як натуральність, користь для здоров'я, надзвичайний смак, зручність. Всім цим вимогам відповідають функціональні рослинні порошки, що свідчить про перспективність застосування їх на практиці. Доцільно розширити асортимент розроблених порошоків, створити нові та дослідити їх властивості і функції.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Scala J.* Making the Vitamin Connection, the Food Supplement Story. — NY: Harper and Row, 1985.
2. *Gatenby SJ, Hunt P, Rayner V.* The National Food Guide: development of the dietetic criteria and nutritional characteristics. *J Hum Nutr Dietet* 1995; 8: 323—334.
3. *Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошоків.* /Ю.Ф.Снежкін, Ж.О.Петрова, «Академперіодика». — Київ, с.1—162.
4. *Потребность в питательных веществах здорового и больного организма.* Джудит К. Доннелли. — Москва «Мир», 2004. — 63 — 87 с.
5. *Спосіб одержання вівсяно-морквяного порошку.* Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Назаренко К.М. Патент 42357, Україна, МПК A23L 1/212, A23L 1/00, № 2009 03094, Заявл.02.04.09; Видан 25.06.09; Опубл. 25.06.09; Бюл. № 12.
6. *Нові харчові продукти в екології харчування.* Ю.Ф.Снежкін, Ж.О.Петрова. Збірник матеріалів. Львів. — 18—29 травня 2009. — С. 75.76.
7. *Современные пищевые ингредиенты.* Особенности применения / Л.А. Сарафанова. — СПб.: Профессия, 2009.-208 с.
8. *Schorah C.J.* Micronutrients, vitamins and cancer risk. *Vit Hormones* 1999; 57:1—23.
9. *Stein Z, Susser M, Gerhart S, Marolla F.* Famine and Human Development: The Dutch Hunger Winter of 1944-1945. London : Oxford University Press, 1975.

Одержана редколлегією 1.03.2011 р.

УДК 578.245:577.1113.7:57.086.833

О.В. КАРПОВ, д-р. біол. наук,
Ю.М. ПЕНЧУК, канд. техн. наук,
О.І. СКРОЦЬКА, канд. біол. наук,
О.В. ЧЕРНЕГА, магістрант
Національний університет харчових технологій

ПАРАМЕТРИ КУЛЬТИВУВАННЯ КЛІТИН-ПРОДУЦЕНТІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ІНТЕРФЕРОНІВ І ТИПУ

Вивчаються основні технологічні параметри культивування клітин-продуцентів інтерферону І типу (б/в-ІФН) у створеній дослідній установці з використанням як індуктора молекулярного комплексу дріжджова РНК-гідрохлорид тилорону, іммобілізованого на гранулах Сферону-300 (ИММК). Визначено оптимальні співвідношення кількості клітин-продуцентів та частинок ИММК у середовищі культивування й оптимальні для культивування клітин швидкості перемішування культурального середовища.

Ключові слова: інтерферон, індуктор, іммобілізація, Сферон, культура клітин, ролерне культивування, моноклеари.

Изучаются основные технологические параметры культивирования клеток-продуцентов интерферона I типа (б/в-ИФН) в созданной лабораторной установке с использованием в качестве индуктора молекулярного комплекса дрожжевая РНК-гидрохлорид тилорона, иммобилизованного на гранулах Сферона-300 (ИММК). Определены оптимальные соотношения количества клеток-продуцентов и частинок ИММК в среде культивирования и оптимальные для культивирования клеток скорости перемешивания культуральной среды.

Ключевые слова: интерферон, индуктор, иммобилизация, Сферон, культура клеток, ролерное культивирование, моноклеары.

The basic technological parameters of cultivation of cells-producers of interferon of I type (б/в-IFN) in the framed laboratory equipment with use as an inductor of a molecular complex yeast the RNK-hydrochloride tilorone, immobilized on granules of Spheron-300 (ИММК) are studied. Parities of quantity of cells-producers and parts ИММК in the environment of cultivation and optimum for cultivation of cells of rate of liquid cultured are defined mediums optimum.

Keywords: interferon, an inductor, an immobilization, Spheron, culture of cells, scooters cultivation.

У сучасних біотехнологіях, що ґрунтуються на використанні культур еукаріотичних клітин-продуцентів біологічно активних сполук застосовують різноманітну за конструкцією апаратуру [1, 2]. Раніше нами було запропоновано принципово новий індуктор інтерферонів (ІФН) типу І: молекулярний комплекс дріжджова РНК-гідрохлорид тилорону, іммобілізований на гранулах сферону (ИММК) [3]. З метою відпрацювання технології одержання в культурах еукаріотичних клітин препаратів ІФН із використанням ИММК сконструювали й випробували дослідну установку як прототип апаратури для виробництва препаратів ІФН у промислових умовах. Метою даної роботи було встановлення основних технологічних параметрів культивування клітин в установці з використанням ИММК, а саме: 1) оптимального співвідношення кількості клітин-продуцентів ІФН та частинок ИММК у середовищі культивування; 2) оптимальної для культивування клітин інтенсивності перемішування культурального середовища.

© О.В. Карпов, Ю.М. Пенчук, О.І. Скροцька, О.В. Чернега, 2011

ТЕХНОЛОГІЯ

Матеріали і методи досліджень. Клітини-продуценти ІФН. Досліди проводили на перещеплюваній лінії клітин тестикулів поросят (ПТП), отриманій з НДІ ветеринарії УААН (моношарова культура), та первинній культурі моноклеарних клітин крові людини (суспензійна культура). Культивування клітин здійснювали, як описано раніше [4]. Клітини суспензійної культури (моноклеари крові) вносили в місткості для культивування одночасно із зависсю ІММК. У разі моношарової культури ПТП клітини перед внесенням ІММК підрошували в місткостях для культивування протягом однієї доби на середовищі з 10 %-ї сироватки великої рогатої худоби (НВП «БіоТестЛабораторія», Україна) для утворення суцільного моношару на внутрішній поверхні стінок місткостей.

ІММК. Інтерферонотропний молекулярний комплекс є конструкцією на основі гранул сферону300 (Lachema, Чехія) з ковалентно приєднаними до цих гранул молекулами одноланцюгової дріжджової РНК (НПО «Біохімреактив», Латвія), інтеркальованими після приєднання молекулами гідрохлориду тилорону (Sigma, США). Приготування ІММК здійснювали відповідно [3, 5].

Готуючи вихідну завись ІММК, виходили з таких розрахунків. Оскільки об'єм однієї гранули сферону300 в набухлому стані становить

10—11 см³ (згідно з інструкцією виробника), приблизна кількість частинок ІММК за наших дослідних умов дорівнюватиме $7 \cdot 10^9$. При цьому кількість клітин-продуцентів ІФН у вихідних клітинних зависях була на рівні

1—5·10⁶ кл./мл. Користуючись вихідною зависсю ІММК, одержували низку місткостей ІММК із клітинами у певних дослідних співвідношеннях, які вносили у від повідні місткості й культивували в установці за відповідного режиму.

Дослідна установка. В основу дії створеної нами дослідної установки було покладено принцип ролерного перемішування горизонтально закріплених місткостей для культивування. Установку конструювали як універсальну, маючи на увазі можливість культивувати як моношарові, так і суспензійні культури. Опис та схему установки наведено раніше [4].

За допомогою електронного блоку здійснювали керування вихідними параметрами системи — швидкістю обертання вала та дискретністю зміни швидкості його обертання. Регулювання процесу культивування виконував оператор через персональний комп'ютер за допомогою програми BioTech v. 1, що дозволяло користуватися певними режимами обертання вала впродовж фіксованих проміжків часу залежно від технологічних потреб.

Визначення кількості живих клітин у зразках здійснювали методом виключення барвника живими клітинами під час фарбування 0,1 %-м розчином трипанового синього в ізотонічному розчині NaCl згідно зі стандартною методикою [6].

Титування ІФН у зразках проводили відповідно до стандартної методики [7], використовуючи як тест-вірус вірус везикулярного стоматиту штаму Індіана у дозі 100 ТЦД₅₀.

Результати досліджень та їх обговорення. Раніше нами було встановлено, що початковим етапом синтезу ІФН клітинами продуцентами, індукованими ІММК, є без посередній контакт їх із частинками цього інтерферогену [6]. Очевидно, що вірогідність здійснення таких контактів в умовах місткості для культивування клітин відповідатиме статистичним закономірностям і залежатиме передусім від кількості як клітин-продуцентів, так і частинок ІММК у розчині. Однак вплив зазначених контактів на життєздатність культивованих клітин та їхню спроможність продукувати ІФН є досить імовірним і водночас багато факторним феноменом, що потребує експериментальної оцінки. З огляду на це для оптимізації біосинтезу ІФН у разі використання ІММК як індуктора надзвичайно важливим є попередній дослідний підбір оптимального для інтерферогенезу співвідношення кількості клітин-продуцентів до частинок ІММК. Результати такого підбору для конкретних місткостей для культивування з відповідними об'ємними параметрами, які ми використовували (об'єм — 15 мл, внутрішня поверхня — 28 см², коефіцієнт заповнення — 0,7) [4], наведено на рис. 1.

Як видно, присутність частинок ІММК у середовищі культивування в кількостях, що перевищують кількість культивованих клітин (10/1), негативно впливає як на їхню життєздатність (рис.1, а), так і на спроможність до інтерферогенезу (рис.1, б). Це, можливо, пояснюється надлишком контактів між клітинами та частинками ІММК з відповідними необоротними порушеннями структури клітинних мембран. При цьому слід відзначити, що частинки сферону

300, на основі якого було створено ІММК, у набухшому стані мають об'єм 10—11 см³, що практично на порядок перевищує об'єм середньої еукаріотичної клітини, і тому потенційно здатні не тільки завдавати механічних ушкоджень клітинам, але й пасивно перешкоджати трансмембранному проходженню іонів та субстратів до клітини.

Близьким до оптимального за обома параметрами згадане співвідношення стає на рівні 1/10 для обох типів культур. І хоча за меншої кількості частинок ІММК у випадках обох культур спостерігалася дещо більша кількість життєздатних клітин, титри одержаного ІФН достовірно знижувалися на 7 одиниць для лейкоцитів ($p > 0,05$) та на 3 одиниці для ПТП ($p > 0,05$) імовірно внаслідок зменшення кількості контактів ІММК з клітинами-продуцентами, які зумовлюють включення процесу індукції ІФН. Те, що зниження титрів ІФН не було пропорційним зменшенню кількості частинок ІММК у середовищі, зокрема, свідчить, що після зіткнення клітин із частинками ІММК останні не утримують клітини на своїй поверхні, а й далі вільно переміщуються у розчині, здійснюючи подальші контакти, які також спричиняють індукування ІФН іншими клітинами.

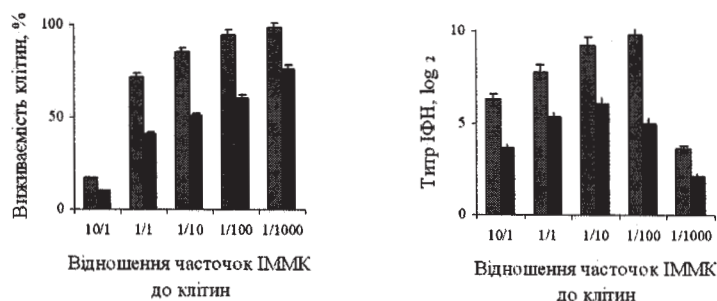


Рис. 1. Залежність життєздатності клітин (а) та виходу синтезованого ІФН (б) від співвідношення часток ІММК до клітин у ємностях для культивування: ■ — суспензійна культура, ■ — моношарова культура (ПТП).

Поряд з іншими впливовими факторами забезпечення життєдіяльності клітин ссавців, до яких зазвичай відносять температурний режим (у межах 36—37 °С) та рівень рН середовища (7,2—7,5), чого ми дотримувалися у наших дослідках, велике значення в умовах культивування *in vitro* мають чинники, пов'язані з рухом середовища. До таких чинників, належить передусім гідродинаміка системи, яка визначає інтенсивність потоків живильного середовища. Це, у свою чергу, відбивається на життєздатності клітин, а отже й на біосинтезі культурою цільового продукту — у нашому випадку ІФН. Тому надзвичайно важливим було встановлення інтенсивності перемішування культурального середовища, оптимальної для культивування конкретних клітин у дослідній установці. Для цього вивчали залежність життєздатності клітин обох типів та інтерферогенезу від швидкості обертання вала з розміщеними на ньому місткостями для культивування. При цьому час культивування умовно поділили на три проміжки по дві години, які наближено відповідали фазі контакту ІММК та передачі індукційного сигналу, фазі продукування ІФН і фазі початку рефрактерності.

Отримані дані наведено на рис. 2 та рис. 3. Як видно, на першому етапі культивування, коли відбувається індукування ІФН (рис. 2, а), підвищення швидкості обертання достовірно збільшувало життєздатність клітин суспензійної культури на 20—25% ($p > 0,05$) і, водночас, зменшувало її у клітин моношарової культури на 10% ($p > 0,05$) через змив із поверхні. Така сама тенденція спостерігалася й на подальших фазах культивування (рис. 2, б, в).

Що стосується синтезу ІФН клітинами, то в суспензійній культурі клітин на першому етапі культивування цей процес помітно інтенсифікувався зі збільшенням швидкості обертання вала установки на 1,5—2 одиниці. Водночас у моношаровій культурі інтерферогенез практично не залежав від згаданого параметра (рис. 3, а). Ми вважаємо, що підвищення рівня продукування ІФН у першому випадку зумовлено збільшенням кількості контактів, які відбуваються між частинками ІММК та поверхнею клітин-продуцентів і зумовлюють запуск індукування ІФН. У

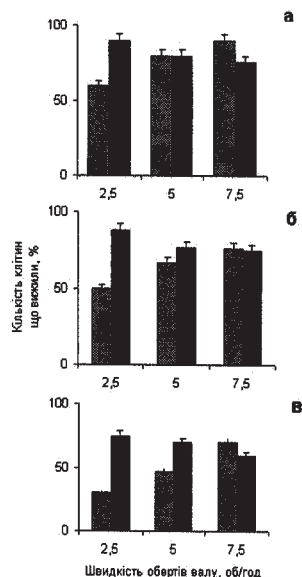


Рис. 2. Залежність життєздатності культивованих клітин від швидкості обертів валу установки упродовж фаз культивування: а) фаза контакту ІММК та передачі індукційного сигналу, б) фаза продукції ІФН, в) фаза початку рефрактерності.: ■ — суспензійна культура, ■ — моношарова культура (ПТП).

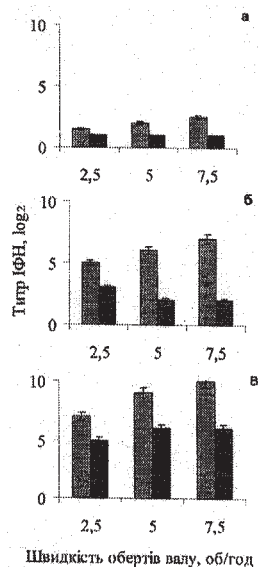


Рис. 3. Залежність продукції ІФН клітинами-продуцентами від швидкості обертів валу установки упродовж фаз культивування: а) фаза контакту ІММК та передачі індукційного сигналу, б) фаза продукції ІФН, в) фаза початку рефрактерності.: ■ — суспензійна культура, ■ — моношарова культура (ПТП).

разі ж моношарової культури кількість таких контактів практично не змінюється, оскільки її обмежує кількість клітин-продуцентів ІФН, що містяться на зовнішній поверхні моношару.

Висновки. Підсумовуючи, слід наголосити, що результати проведеного дослідження свідчать про важливість підбору основних технологічних параметрів культивування клітин продуцентів ІФН за своєрідних умов технології з використанням гранул ІММК як інтерферону. Вочевидь, застосування більш об'ємної апаратури для культивування клітин і, відповідно, потужніших пристроїв для перемішування культурального середовища (лопатевих і турбінних мішалок або імпелерів різних конструкцій) потребуватиме в кожному разі окремого визначення оптимальних співвідношень кількості клітин-продуцентів та частинок ІММК у середовищі, а також оптимальної швидкості перемішування. При цьому правильне визначення цих параметрів прямо впливатиме на продуктивність використання біореакторів для одержання препаратів ІФН у виробничих умовах за такою технологією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nelson K.L., Geyer S. Bioreactor and process design for largescale mammalian cell culture manufacturing // Bioprocess Technol. — 1991. — V.13. — P. 112—143.
2. Runstadler P W. The importance of cell physiology to the performance of animal cell bioreactors // Ann. N.Y. Acad. Sci. — 1992. — V. 665. — P. 380—390.
3. Карпов А.В., Пенчук Ю.Н., Вережка С.В. Применение иммобилизованных индукторов в технологии получения природных интерферонов I типа в культурах клеток. Использование гранулярных носителей // Биотехнология. — 2006. — №1. — С. 30—35.

ТЕХНОЛОГІЯ

4. Пенчук Ю.М., Карпов О.В., Поводзинський В.М. та ін. Оцінка ефективності дослідної установки для одержання інтерферонів І типу // Біотехнологія. — 2008. — № 1. — С. 80—85.
5. Карпов О.В., Верьовка С.В., Манджос О.П. та ін. Індукція інтерферонів І типу в умовах *in vitro* за допомогою іммобілізованого комплексного інтерфероногену // Доп. НАН України. — 2003. — №9. — С. 178—181.
6. Doyle A., Griffiths J. Cell and Tissue Culture: Laboratory Procedures in Biotechnology. — John Willey and Sons, 1998. — 332 p.
7. Ершов Ф.И., Новохатский А.С. Интерферон и его индукторы. — М.: Медицина, 1980. — 193с.

Одержано редколегією 10.03.2011 р.

В.Г. ЮКАЛО, д-р біолог. наук,

Л.А. СТОРОЖ

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

ПРОТЕОЛІЗ РІЗНИХ ФРАКЦІЙ КАЗЕЇНУ ФЕРМЕНТНИМИ СИСТЕМАМИ ЛАКТОКОКІВ

Досліджено протеолітичну активність 21 штаму лактококів, інкубованих протягом 7 днів. Специфічність протеолізу відносно різних казеїнових фракцій досліджувалась методом електрофорезу в поліакриламідному гелі. Запропоновано штами лактококів із специфічною протеолітичною активністю для отримання казофосфопептидів.

Ключові слова: казеїн, протеоліз, лактококи, фосфопептиди.

Исследовано протеолитическую активность 21 штамма лактококков инкубированных в течение 7 дней. Специфичность протеолиза относительно различных казеиновых фракций исследовалась методом электрофореза в полиакриламидном геле. Предложено штаммы лактококков со специфической протеолитической активностью для получения казофосфопептидов.

Ключевые слова: казеин, протеолиз, лактококки, фосфопептиды.

The influence of incubation exposure for up to 7 days, and the time of cultivation on the proteolytic activity of 21 lactococci strains has been investigated. The specificity of proteolytic systems toward different casein fractions has been studied with the help of PAAG electrophoresis. The proposals for selection of lactococci with specific proteolytic activity for obtaining casophosphopeptides has been made.

Key words: casein, proteolysis, lactococci, phosphopeptides.

За результатами останніх досліджень встановлено, що в процесі протеолізу білків казеїнового комплексу утворюється ряд біоактивних пептидів, зокрема фосфопептиди, казокініни, казоплателіни, казоксини, імуномодуляторні, опіюїдні, антиоксидантні пептиди. Утворення таких пептидів може мати відношення до формування біологічної цінності молочних продуктів і потребує детального вивчення у зв'язку з можливим їх застосуванням у функціональних та профілактичних харчових продуктах.

Звільнення біоактивних пептидів може відбуватися декількома шляхами: в процесі перетравлювання молока і молочних продуктів, при дії протеолітичних ферментів молока, молокозгортальних препаратів, а також молочнокислих бактерій. Ферменти молока мають низьку протеолітичну активність. Значно вища активність у протеаз молокозгортальних препаратів, але відомо, що вони переважно мають вузьку специфічність і розщеплюють в основному одну фракцію казеїну — к-казеїн, що призводить до коагуляції міцел казеїну, але утворення малої кількості продуктів протеолізу. Очевидно, з найбільшою ймовірністю утворення біоактивних пептидів може відбуватися за дії ферментів молочнокислих бактерій. Протеолітичні ферменти молочнокислих бактерій володіють високою активністю, мають широку специфічність по відношенню до казеїнів і здатні повністю розщеплювати білки (зокрема казеїни) до низькомолекулярних пептидів і амінокислот.

Всю сукупність протеолітичних ферментів молочнокислих бактерій в науковій літературі об'єднують поняттям «протеолітична система» [5]. Як відомо на сьогоднішній день, протеолітична

система лактококів складається з протеїназ, зв'язаних із клітинною стінкою, протеаз, розміщених на мембранах, та внутрішньоклітинних протеолітичних ферментів (переважно це пептидази із різною специфічністю). Головна функція протеолітичних систем — забезпечення клітин лактококів амінокислотами. Крім того, протеази лактококів можуть впливати на технологічні процеси виготовлення ферментованих молочних продуктів та їхні показники якості, а також призводити до утворення біоактивних пептидів. Протеолітична активність не є постійною величиною для різних штамів лактококів і залежить від багатьох факторів. Метою даної роботи є дослідження залежності протеолітичної активності лактококів від часу інкубації, кількості пересівів та природи казеїнових фракцій, а також відбір перспективних штамів для одержання біоактивних пептидів, зокрема фосфопептидів.

Об'єктом дослідження був 21 штам лактококів, які культивуються на кафедрі харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Зокрема, це 6 штамів підвиду *L. lactis ssp. lactis* ($I_5, I_6, I_8, I_{10}, I_{11}, I_{12}$), 7 штамів підвиду *L. lactis ssp. cremoris* ($c_2, c_4, c_5, c_6, c_8, c_9, c_{10}$) і 8 штамів *L. lactis biovar diacetylactis* ($d_1, d_2, d_4, d_6, d_7, d_8, d_9, d_{10}$). Пересіви у знежирене стерилізоване молоко здійснювали через 20 днів.

Протеолітичну активність лактококів визначали методом Гула в модифікації Залашка М.В. [1]. В основі методу — реакція реактиву Фоліна із залишками тирозину та триптофану продуктів протеолізу казеїну. Оптичну густину забарвлених продуктів протеолізу визначали на спектрофотометрі СФ-46 при довжині хвилі 650 нм.

Білки казеїнового комплексу та продукти їх протеолізу аналізували методом електорофорезу на вертикальних пластинках поліакриламідного гелю. При цьому використовували лужну буферну систему гелю (рН 7,9), що містила 25 мМ трис, 27 мМ діетилбарбітурат, 3 мМ ЕДТА і 4,5 мМ сечовину [2]. Електрофореграми фіксували і проявляли загальноприйнятими методами — 7%-м розчином оцтової кислоти та розчином амідочорного 10 Б. Електрофоретичні буфери та гелі готували, використовуючи реактиви фірми «Reanal» (Угорщина). Фосфопептиди казеїнового походження після осадження нерозщеплених білків в ізоелектричній точці визначали за методом [6].

Контрольний загальний казеїн виділяли із знежиреного молока шляхом переосадження в ізоелектричній точці в умовах інактивації природних протеаз молока [4].

Для вивчення протеолітичної активності лактококів проводили визначення концентрації продуктів розщеплення білків через 24, 48, 72 і 168 годин інкубації в стерильному знежиреному молоці при 30°C. В кожному випадку від отриманих значень віднімали концентрацію розчинних у трихлороцтовій кислоті пептидів живильного середовища. Результати досліджень представлені в таблиці 1. Наведені в таблиці значення є середніми значеннями 5 вимірювань. Аналіз результатів протеолітичної активності лактококів проводили на основі класифікації, запропонованої Залашком М.В. [1]. Він умовно розділив усі лактококи на:

1. Слабкі протеоліти (концентрація продуктів протеолізу, визначених по тирозину і триптофану, становить до 3 мг %).
2. Середні протеоліти (концентрація продуктів протеолізу становить від 3 до 6 мг %).
3. Сильні протеоліти (концентрація продуктів протеолізу становить більше 6 мг %).

Серед досліджуваних штамів найчастіше зустрічаються слабкі протеоліти. До них можна віднести 18 штамів із 21. Два штами показали активність на рівні середніх протеолітів (c_4, c_{10}) і лише один штам (I_{12}) відноситься до сильних протеолітів. Найвищою протеолітичною активністю характеризуються лактококи підвиду *L. lactis ssp. lactis*. Також можна відзначити, що протеолітична активність штамів істотно відрізняється в межах одного підвиду. На початкових стадіях розвитку штаму *L. lactis ssp. lactis* (I_6) та трьох штамів *L. lactis biovar diacetylactis* (d_4, d_7, d_8) показано зниження концентрацій продуктів протеолізу до значень, нижчих від їх концентрацій до внесення лактококів. Подібні властивості характерні для лактококів з низькою протеолітичною активністю. Очевидно, такі штами для свого розвитку використовують компоненти протеозо-пептонної фракції молока. Їх власні протеолітичні системи не здатні забезпечити нормальний розвиток біомаси [5].

Під час тривалої роботи з лактококами було показано, що деякі штами можуть змінювати свою протеолітичну активність в процесі їх культивування. Так, штам I_1 (дані не

ТЕХНОЛОГІЯ

наведені в таблиці) після декількох пересівів майже повністю втратив протеолітичну активність. В той же час за результатами перших визначень цей штам показав найвищу активність серед штамів підвиду *ssp. lactis*. Тому для дослідження стабільності протеолітичних властивостей штамів порівнювали їх активність після 1, 5, 10, 14 і 19 пересівів. Результати таких досліджень наведені в таблиці 2. Найбільші зміни протеолітичної активності в процесі пересівів характерні для слабких протеолітів. Іноді зустрічається різке зменшення протеолітичної активності і в результаті штам переходить з групи сильних протеолітів у групу слабких протеолітів. До таких штамів окрім згаданого штаму I_1 можна віднести штам I_{10} (див. таблицю 2). Зворотний перехід слабких протеолітів до сильних на досліджуваних штаммах не спостерігався.

Характер розпаду казеїнових фракцій в результаті дії протеолітичних ферментів лактококів досліджували методом електрофорезу в поліакриламідному гелі. Живильне середовище, в якому інкубували лактококи протягом 30 днів, центрифугували (500 г, 10 хвилин). Осаджені білки промивали 0,003 М ацетатним буфером (рН 4,7) і ліофільно висушували. Перед аналізом ліофілізовані препарати розчиняли в електрофоретичному буфері, який містить сечовину, та вносили в комірки гелю по 17 мікролітрів. Така підготовка електрофоретичної проби дозволяє проаналізувати склад нерозщеплених фракцій казеїну, оскільки вони в першу чергу розпадаються під час інкубації лактококів. Відомо, що білки сироватки молока є стійкими до дії протеолітичних ферментів лактококів. Крім того, протеоліз власне казеїнів в першу чергу визначає реологічні властивості ферментованих молочних продуктів, призводить до утворення смакових пептидів, а також пептидів, які володіють різними видами біологічної активності, зокрема фосфопептидів [3, 7]. В даній роботі для порівняння було вибрано штами з різною протеолітичною активністю. Електрофоретичний аналіз показав, що всі фракції білків казеїнового комплексу піддаються розщепленню ферментами лактококів. Найбільш чутливим є κ -, а також α_s -казеїни. κ -Казеїн повністю відсутній в осадах нерозщеплених білків після інкубації. Активний протеоліз κ -казеїнів, очевидно, пов'язаний з їх розміщенням на поверхні субміцел казеїнів та високою гідрофільністю. Штами I_{12} , c_4 , d_2 , d_7 активно розщеплюють b_s - і v -казеїни. В гідролізатах казеїнів, одержаних при використанні штамів I_{12} , c_4 , d_7 , виявлені найвищі концентрації фосфопептидів. Це, очевидно, пов'язано з активним протеолізом b_s - і v -казеїнів протеазами цих штамів.

Таблиця 1. Залежність протеолітичної активності лактококів від часу культивування

Штами	Значення протеолітичної активності (мг % тирозину + триптофану) через			
	24 години	48 годин	72 години	168 годин
<i>L. lactis ssp. lactis</i>				
I_5	—0,25	0,29	0,27	0,50
I_6	—0,05	0,37	0,43	1,80
I_8	0,40	1,20	1,00	1,90
I_{10}	0,60	0,80	0,70	1,80
I_{11}	0,58	0,87	1,00	1,70
I_{12}	6,80	8,00	8,79	10,20
<i>L. lactis ssp. cremoris</i>				
c_2	0,82	0,90	0,80	1,57
c_4	1,50	2,30	2,60	3,48
c_5	1,10	1,36	1,30	1,95
c_6	1,05	1,10	1,00	1,41
c_8	0,20	0,50	0,81	1,60
c_9	0,81	0,56	1,10	1,48
c_{10}	1,15	1,30	0,98	3,59

Штами	Значення протеолітичної активності (мг % тирозину + триптофану) через			
	24 години	48 годин	72 години	168 годин
<i>L. lactis biovar diacetylactis</i>				
d1	2,25	2,40	0,40	2,75
d2	0,25	1,80	2,05	2,73
d4	−0,20	1,05	1,35	0,85
d6	0,00	0,20	0,30	2,25
d7	−0,10	1,26	2,75	2,90
d8	−0,30	1,50	1,70	2,60
d9	2,30	2,40	1,40	2,10
d10	2,25	2,10	1,60	1,90

Таблиця 2. Залежність протеолітичної активності лактококів від кількості пересівів

Штами	Протеолітична активність (мг % тирозину + триптофану)				
	1 пересів	5 пересівів	10 пересівів	14 пересівів	19 пересівів
<i>L. lactis ssp. lactis</i>					
I ₅	1,55	3,15	1,35	0,50	3,33
I ₆	4,43	4,90	5,12	1,80	2,29
I ₈	2,92	3,15	3,05	1,90	3,00
I ₁₀	8,30	1,18	1,65	1,80	2,05
I ₁₁	1,70	1,61	1,57	1,70	2,70
I ₁₂	10,35	10,92	10,45	10,20	9,62
<i>L. lactis ssp. cremoris</i>					
c ₂	3,42	0,47	1,36	1,57	1,17
c ₄	3,90	3,68	3,35	3,48	4,20
c ₅	3,04	0,35	1,95	1,95	2,75
c ₆	3,07	0,56	1,00	1,41	2,27
c ₈	4,05	0,63	1,68	1,60	2,10
c ₉	2,00	0,69	1,12	1,48	2,50
c ₁₀	3,20	2,85	3,45	3,59	3,63
<i>L. lactis biovar diacetylactis</i>					
d ₁	2,70	0,32	2,30	2,75	1,89
d ₂	2,40	0,25	1,85	2,73	2,05
d ₄	3,15	1,77	1,67	0,85	2,78
d ₆	1,75	0,75	1,65	2,25	2,57
d ₇	2,35	2,81	2,25	2,90	2,37
d ₈	1,92	0,98	1,65	2,60	1,80
d ₉	1,71	2,84	2,71	2,10	2,20
d ₁₀	2,10	2,81	2,65	2,39	2,55

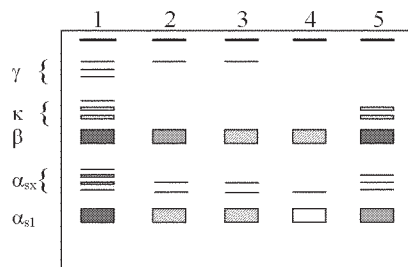


Рис. 1. Схема електрофореграми білків живильного середовища після одного місяця інкубації лактококів:
1 — контрольний загальний казеїн;
2 — штам d₇; 3 — штам c₄; 4 — штам l₁₂;
5 — живильне середовище.

Висновки. Враховуючи отримані в роботі результати можна відзначити наступне: при відборі лактококів для специфічного протеолізу казеїнів необхідно враховувати їхню загальну протеолітичну активність, стійкість протеолітичних систем в процесі культивування та специфічність їх по відношенню до окремих фракцій казеїну. Для отримання біоактивних пептидів, зокрема фосфопептидів, можна використовувати штами l₁₂, c₄, d₇.

ЛІТЕРАТУРА

1. Залашко М.В., Образцова Н.В., Савченко Э.И. Исследование протеолитической активности молочнокислых бактерий // Физиология и биохимия микроорганизмов. — Минск: Наука и техника. — 1970. — С. 121—128.
2. Юкало В.Г. Электрофоретичний аналіз білків казеїнового комплексу // Наукові праці НУХТ. — 2008. — № 24. — С. 65—67.
3. Юкало В.Г. Вплив продуктів протеолізу β_{s1}-казеїну на активність ангіотензинперетворюючого ферменту // Український біохімічний журнал. — 2001. — Т. 73, №5 — С. 28—32.
4. Yukalo V.G. Obtaining of casein protein complex fractions from cow milk // Nutracos. — 2005. — № 5. — P. 17—19.
5. Law J., Haandrinkman A. Proteolytic enzymes of lactic acid bacteria // International Dairy Journal. — 1997. — №7. — P. 1-11.
6. Carter S.G., Karl D.W. Inorganic phosphate assay with malachite green: an improvement and evaluation // J. Biochem. Biophys. Methods. — 1982. — № 7. — P. 7—13.
7. Meisel H. Multifunctional peptides encrypted in milk proteins // Bio Factors — 2004. — Vol. 21. — P. 55—61.

Одержана редколегією 1.04.2011 р.

В.Р. КУЛІНЧЕНКО, д-р техн. наук,

О.М. ДЕМЕНЮК, канд. техн. наук,

Національний університет харчових технологій

О.П. ЛОМЕЙКО, канд. техн. наук

Таврійський державний аграрно-технологічний університет, м. Мелітополь

РОЗРАХУНОК ГІДРОСТРУМИННИХ НАСОСІВ ДЛЯ ГІДРОТРАНСПОРТУВАННЯ

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУМИННИХ НАСОСІВ ДЛЯ ГІДРОТРАНСПОРТУВАННЯ

У запропонованих статтях розглядаються принципи і методи конструювання і проектування гідроструминних насосів для гідротранспортування суміші.

Ключові слова: струминний насос, гідротранспортування, гранулометричний склад, суміш.

У предлагаемых статьях рассматриваются принципы и методы конструирования и проектирования гидроструйных насосов для гидротранспортирования смесей.

Ключевые слова: струйный насос, гидротранспортирование, гранулометрический состав, смесь.

In the offered article principles and methods of constructing and planning of water-jet pumps are examined for hydrotransportation of mixture.

Keywords: water jet pump, hydrotransportation, granulation mixture.

Для розрахунку струминних апаратів, які використовуються для гідротранспортування твердих речовин, можна використовувати рівняння, що відносяться до гідроструминних насосів для однорідних рідин. Але при виводі цих рівнянь крім впливу на процеси дисперсного складу домішок доводиться враховувати що робочі, пасивні і змішані середовища будуть мати різну густину.

Найбільш повні результати досліджень струминних насосів для гідравлічного транспорту наведені в роботах [1...6].

Рівняння характеристики гідроструминного насосу з центральним соплом. Для випадку що розглядається, з урахуванням різниці в густинах робочого ρ_p , пасивного ρ_n і змішаного ρ_c потоків по даним роботи [4], можна записати наступне рівняння:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{\Delta p_{c2\partial}}{\Delta p_{p1\partial}} = \varphi_1^2 \left[2\varphi_2 + \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2} \right) \times \right. \\ \left. \times \frac{u^2 \rho_p d_c^2 / d_s^2}{\rho_n (1 - d_c^2 / d_s^2)} - (2 - \varphi_3^2) \frac{\rho_p d_c^2}{\rho_c d_s^2} (1 + u)^2 \right]. \quad (1)$$

Під об'ємним коефіцієнтом підсмоктування гідроструминного насосу u в даному випадку розуміють суму двох окремих коефіцієнтів підсмоктування — по твердому тілу u_m і по рідині u_p , тобто

$$u = u_m + u_p, \quad (2)$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

де $u_m = \frac{Q_m}{Q_{роб}}$; $u_p = \frac{Q_p}{Q_{роб}}$. (3), (4)

Густини підсмоктуваного ρ_n і змішаного ρ_c середовищ можна виразити через густини робочого рідкого середовища $\rho_{роб} = \rho_p$ і твердого тіла ρ_m .

Для підсмоктуваного середовища маємо баланс маси

$$\rho_p Q_p + \rho_m Q_m = \rho_n Q_n. \quad (5)$$

Поділимо всі члени рівняння (5) на Q_p і з урахуванням залежностей (2)...(4),

отримаємо $\rho_p u_p + \rho_m u_m = \rho_n (u_p + u_m), \quad (6)$

звідки $\rho_n = \frac{\rho_p u_p}{u_p + u_m} + \frac{\rho_m u_m}{u_p + u_m}. \quad (7)$

Аналогічним шляхом можна отримати наступний вираз для густини змішаного середовища ρ_c :

$$\rho_c = \frac{\rho_p (1 + u_p)}{1 + u_p + u_m} + \frac{\rho_m u_m}{1 + u_p + u_m}. \quad (8)$$

Введемо наступне позначення:

$$\alpha_p = \frac{u_p}{u_m}. \quad (9)$$

Тоді вираз (2) можна представити у наступному вигляді

$$u = u_m (1 + \alpha_p). \quad (10)$$

До рівняння характеристик входять відношення густин $\rho_{роб}/\rho_n = \rho_p/\rho_n$ і $\rho_{роб}/\rho_c = \rho_p/\rho_c$. Відшукаємо їх значення з використанням виразів (7) і (8):

$$\frac{\rho_{роб}}{\rho_n} = \frac{1 + \alpha}{\frac{\rho_m}{\rho_p} + \alpha_p} \quad \text{і} \quad \frac{\rho_{роб}}{\rho_c} = \frac{1 + u_m (1 + \alpha_p)}{1 + u_m \frac{\rho_m}{\rho_p + \alpha_p}}. \quad (11); (12)$$

Позначимо $\rho_m/\rho_p = \tilde{\rho}_m$ і отримаємо кінцеве рівняння:

$$\frac{\rho_{роб}}{\rho_c} = \frac{1 + u_m (1 + \alpha_p)}{1 + u_m (\tilde{\rho}_m + \alpha_p)}. \quad (13)$$

Підставимо в рівняння (1) замість u , $\rho_{роб}/\rho_n$, $\rho_{роб}/\rho_c$ їх значення з рівнянь (2), (11) і (13), отримаємо рівняння характеристик струминних насосів для гідралічного транспортування твердих речовин у вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta p_c}{\Delta p_{роб}} = \varphi_1^2 \frac{d_c^2}{d_s^2} & \left\{ 2\varphi_2 + \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2} \right) \times \right. \\ & \times \frac{1 + \alpha_p}{\tilde{\rho}_m + \alpha_p} \frac{d_c^2 / d_s^2}{1 - d_c^2 / d_s^2} u_m^2 (1 + \alpha_p)^2 - \\ & - (2 - \varphi_3^2) \frac{1 + u_m (1 + \alpha_p)}{1 + u_m (\tilde{\rho}_m + \alpha_p)} \frac{d_c^2}{d_s^2} \times \\ & \left. \times [1 + u_m (1 + \alpha_p)]^2 \right\}. \quad (14) \end{aligned}$$

Якщо підставити у цей вираз $\alpha_p = 0$, отримаємо рівняння характеристик струминних насосів при сухому завантаженні твердої речовини (без розбавлення рідиною) у гідроструминний насос:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_{\text{роб}}} = \varphi_1^2 \frac{d_c^2}{d_s^2} \left\{ 2\varphi_2 + \left(2\varphi_2 - \frac{1}{\varphi_4^2} \right) \times \right. \\ \times \frac{1}{\tilde{\rho}_m} \frac{d_c^2 / d_s^2}{1 - d_c^2 / d_s^2} u_m^2 (1 + \alpha_p)^2 - \\ \left. - [1 + u_m]^2 - (2 - \varphi_3^2) \frac{1 + u_m}{1 + u_m \tilde{\rho}_m} \frac{d_c^2}{d_s^2} \right\} \quad (15)$$

При $\tilde{\rho}_m = 1$ і $u_m = u$ рівняння (15) перетворюється в рівняння для унарної (однорідної) рідини.

Автори [4] рекомендують приймати для попередніх розрахунків наступні значення коефіцієнтів швидкості в рівнянні характеристик струминних насосів для гідравлічного транспортування твердих речовин: $\varphi_1 = 0,95$; $\varphi_2 = 0,875$; $\varphi_3 = 0,81$; $\varphi_4 = 0,83$. Ці величини підлягають наступному уточненню на основі випробувань струминних насосів на натурній гідросуміші.

На рис. 1 наведено узагальнені нормальні гідравлічні характеристики струминних насосів для гідравлічного транспортування твердих речовин в координатах $\tilde{\rho} = \Delta p_c / \Delta p_{\text{роб}}$ і d_s / d_c , аналогічні характеристикам струминних насосів для однорідних рідин. Рівні значення коефіцієнтів підсмоктування і з'єднані кривими $u = \text{const}$. Розрахунки виконано при названих вище значеннях коефіцієнтів швидкості для режиму сухого завантаження гідроелеватора ($\alpha_p = 0$) при $\tilde{\rho}_m = 1,0$ (рис. 1, а); $\tilde{\rho}_m = 1,6$ (рис. 1, б); і $\tilde{\rho}_m = 2,0$ (рис. 1, в). Розгляд рис. 1 показує, що при збільшенні $\tilde{\rho}_m$ зменшується створюваний струминним насосом безрозмірний тиск $\tilde{\rho} = \Delta p_c / \Delta p_{\text{роб}}$. Так, якщо $\tilde{\rho}_m = 1,0$ і коефіцієнт підсмоктування $u = 1,0$ гідроструминний насос в оптимальному режимі створює тиск $\tilde{\rho}_m = 0,12$, то при $\tilde{\rho}_m = 1,6$ і $\tilde{\rho}_m = 2,0$ відповідні тиски дорівнюють 0,103 і 0,098.

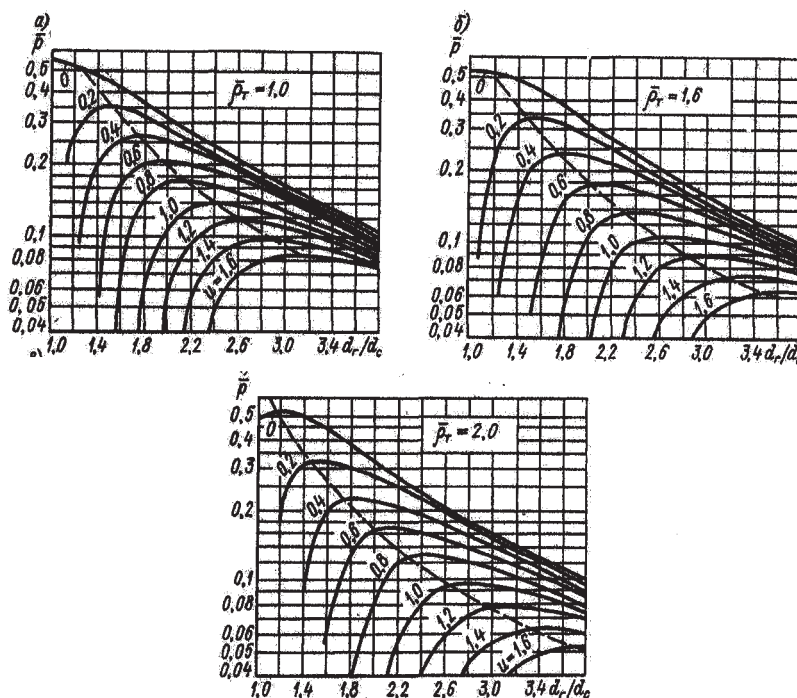


Рис. 1. Нормальні безрозмірні гідравлічні характеристики струминних насосів для гідравлічного транспортування твердих речовин у режимі сухого завантаження ($\alpha_p = 0$)

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

На рис. 1 оптимальні режими роботи гідроструминних насосів позначаються штриховими лініями. Розгляд цього рисунка показує, що зі збільшенням $\tilde{\rho}_m$ оптимальні значення відношення основних розмірів струминного насоса d_s/d_c зміщуються в бік більших значень. Так, при коефіцієнті підсмоктування $u = u_m = 1,0$ значенням густини $\tilde{\rho}_m = 1,0; 1,6; 2,0$ відповідають значення відношень d_s/d_c відповідно 2,4; 2,7; 2,8.

У зв'язку з тим, що коефіцієнти швидкості задаються практично довільно для різних елементів струминних насосів [4], то розрахунки за формулами (14) і (15) та графікам (рис.1) носять орієнтовний характер і можуть використовуватися тільки для якісного аналізу режимів роботи таких насосів. Варто пам'ятати, що збільшення відносної густини пасивного потоку $\tilde{\rho}_m$ зменшує створюваний насосом напір і зміщує оптимальні значення відношення діаметрів d_s/d_c у бік більших величин.

Дослідження струминних насосів для гідравлічного транспортування виконані [2, 5...7]. У цих дослідженнях наводяться рівняння гідравлічних нормальних характеристик з отриманими експериментальними значеннями коефіцієнтів опору окремих конструктивних елементів струминних насосів. У роботі [6] подано рівняння безрозмірної характеристики зануреного в рідину гідроструминного насоса (гідроелеватора), для випадку коли тиск на всмоктуванні можна орієнтовно вважати рівним атмосферному:

$$\beta = \frac{m^2 - (1 + \alpha_m)(1 + u)^2 \sum \zeta}{(1 + \alpha_m)(1 + \zeta_c) m^2}, \quad (16)$$

де β — безрозмірний напір гідроструминного насоса, який дорівнює відношенню напору гідроелеватора H_c до напору робочої води $H_{роб}$; α_m — масовий коефіцієнт підсмоктування, який визначається з формули $\alpha_m = \rho_n Q_n / (\rho_{роб} Q_{роб})$; $u = Q_n / Q_{роб}$; $m = d_s^2 / d_c^2$; $\sum \zeta$ — сума коефіцієнтів гідравлічних опорів на вході до камери змішування $\zeta_{вх}$, камери змішування і дифузора ζ_s і ζ_p ($\sum \zeta = \zeta_{вх} + \zeta_s + \zeta_p$); ζ_c — коефіцієнт опору робочого сопла.

Виконанні у [6] дослідження стосуються гідроструминних насосів з геометричними параметрами $d_s/d_c = 2,0...4,5$. При цьому перекачувалося вугілля, гравій, доменний шлак, відходи збагачення руд, мартенівський пил, пісок.

При використанні отриманих залежностей було побудовано сімейство безрозмірних гідравлічних характеристик гідроелеваторів, оптимальні значення яких описуються залежністю

$$\beta_{опт} = 0,242 \alpha_m^{-0,779}. \quad (17)$$

Це рівняння можна використовувати безпосередньо під час підбору і розрахунку струминних насосів для гідротранспортування. Крім цього запропонована конструкція зануреного струминного насоса, яка дозволяє всмоктувати гідросуміш в умовах завалу гідроелеватора породою. Всмоктувальний отвір гідроелеватора розташований горизонтально. На горизонтальній ділянці зони всмоктування насоса нижче осі виконано приймальне вікно для надходження гідросуміші. Розміщення приймального вікна нижче осі горизонтальної ділянки гідроелеватора дозволяє запобігати закупорюванню патрубка під час роботи гідроелеватора в умовах завалу його твердими частинками.

За даними [6], зменшення втрат напору на вході до гідроелеватора підвищило ефективність всмоктування гідросуміші в 2,5...3,0 рази у порівнянні з раніше використовуваними конструкціями. Максимально досягнуто концентрацію гідросуміші у напірному трубопроводі при перекачуванні вугілля, крупністю частинок не більше 25 мм, склала $s_{v1} = V_m / V_p \approx 0,67$.

У роботах [2, 5] виведено рівняння гідравлічних характеристик струминних насосів для гідротранспортування і виконаний аналіз залежності гідравлічних показників від відношення густин пасивного і робочого потоків. Автори відмічають одну важливу для гідротранспортування обставину. У зв'язку з тим, що активний потік при змішуванні з пасивним віддає тільки частину своєї енергії пасивному потоку, залишкова енергія активного потоку на виході зі струминного насоса може бути корисно використана для транспортування твердих речовин. При забезпеченні оптимальної концентрації гідросуміші в напірному трубопроводі залишкова енергія активного потоку повністю використовується в технологічному процесі, і ефективність гідроструминного

насосу суттєво зростає. Це особливо стосується сухого завантаження, коли струминний насос працює не тільки як гідротранспортний засіб, але і як змішувач, який створює необхідну для перекачування твердої речовини трубами концентрацію його в рідині. Активний потік розбавляє тверду речовину до необхідної концентрації, не вимагаючи добавки додаткової кількості рідини.

Оскільки розрахунок струминного насоса спрямований, зазвичай, на забезпечення максимального ККД, то спосіб його розрахунку має принципове значення. У роботі [2] відмічається, що під час розрахунку струминних насосів для систем напірного гідротранспортування оптимальний режим рекомендується приймати при відношенні активних витрат Q_p до сумарних $Q_p + Q_n$, рівному 0,3...0,6, тобто при $\eta = 2,0...0,7$. У дійсності при раціональному використанні струминних насосів оптимальним режимам відповідають більші значення відношення $Q_p/(Q_p + Q_n)$ (режим сухого завантаження). При режимах сухого завантаження ККД гідротранспорту за допомогою струминного насоса наближається до 0,5, що відповідає ККД ґрунтових відцентрових насосів. Відмічено, що зміна відношення $Q_p/(Q_p + Q_n)$ при незмінних характеристиках змішаного потоку в кінці дифузора змінює і оптимальне значення відношення d_z/d_c і, як наслідок, відношення площ поперечних перерізів камери змішування і напірного трубопроводу.

Під час роботи гідроструминних насосів на низькоконцентрованих гідросумішах для розрахунків можна використовувати гідралічні і кавітаційні характеристики струминних насосів для чистих рідин.

Особливу увагу при розрахунках струминних насосів для гідротранспортування концентрованих сумішей необхідно звертати на кавітаційні режими роботи. При цьому тиск на всмоктуванні $p_{н1к}$ слід визначати з урахуванням міркувань, викладених у кінці попередньої статті. В окремих випадках необхідно враховувати зменшення тиску, викликаного різницею густин гідросуміші у всмоктувальній трубці, зануреній під шар рідини і чистої рідини. З урахуванням сказаного тиск у вхідному перерізі 1к всмоктувального патрубку струминного насоса p_n слід визначати за формулою

$$p_n = p_a \left[H_{\text{вс}} \rho_{\text{вс}} g + \sum h + \rho_{\text{вс}} g \frac{v_{\text{вс}}^2}{2g} + H_{\text{зан}} \left(\frac{\rho_{\text{вс}}}{\rho_p} - 1 \right) \right], \quad (18)$$

де p_a — атмосферний тиск; $H_{\text{вс}}$ — геометрична висота всмоктування, яка відраховується від поверхні рідини в джерелі живлення до перерізу 1к; $\sum h$ — місцеві і лінійні втрати напору у всмоктувальному трубопроводі; $H_{\text{зан}}$ — заглиблення всмоктувального отвору під шар рідини.

Величину p_n , визначену за формулою (18), можна використати при розрахунку отвору $(p_p - p_n)/(p_n - p_k)$. Значення коефіцієнта u_k , при якому виникає кавітація у струминному насосі для гідротранспортування, слід визначати при $\varphi_4 = 0,83$, а не при $\varphi_4 = 0,925$, як це було прийнято при розрахунках гідроструминних насосів. Тому при використанні кавітаційних характеристик, отриманих графічним шляхом, значення u_k , необхідно множити на величину $0,83/0,925 = 0,9$, тобто приймати

$$u_k^{\text{в.м}} \approx 0,9 u_k, \quad (19)$$

де $u_k^{\text{в.м}}$ — значення коефіцієнту підсмоктування струминного насоса для гідротранспортування, за якого виникає кавітація; u_k — значення коефіцієнту підсмоктування, визначене для гідроструминних насосів, які працюють на чистих рідинах.

Для перекачування гідросуміші, особливо такої що містить крупні домішки, рекомендується використовувати струминні насоси з кільцевим соплом. У відомих першоджерелах [8, 9] не наводяться дані по роботі таких насосів на висококонцентрованих гідросумішах. Використовуючи рівняння безрозмірних нормальних характеристик кільцевих струминних насосів [9] при відповідних значеннях густин робочої, пасивної і змішаної рідини, розрахованих за формулами (7) і (8) можна побудувати їх гідралічні характеристики. Так само як і для струминних насосів з центральним соплом, значення коефіцієнтів опору конструктивних елементів струминного насоса при цьому повинні бути зміненими. Відсутність дослідних даних поки що

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

не дозволяє вказати межі зміни коефіцієнтів опору струминних насосів з кільцевим соплом. У першому наближенні можна вважати, що при перекачуванні висококонцентрованої гідросуміші зменшення безрозмірного тиску, створюваного струминним насосом з кільцевим соплом, буде пропорційним збільшенню густини змішаного середовища. Так, при $\rho_c = 1,5\rho_p$ значення безрозмірного тиску, визначене за допомогою графіків, необхідно для режиму максимального ККД зменшити у 1,5 рази. Зауважимо, що ступінь впливу збільшення густини (концентрації) гідросуміші на безрозмірний тиск при зменшенні коефіцієнта підсмоктування для кожного струминного насосу буде зменшуватися, а при його збільшенні, навпаки, зростати.

Висновки. Отримано методичні розробки для побудови характеристик струминних насосів для гідротранспортування суміші.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Болотских Н.С.* Водопонижение. Харьков: Вища школа, 1981. — 144 с.
2. *Ложков Е.Ф.* Исследование гидротранспортных установок с гидроэлеваторами. Челябинск: Челябинский политехн. ин-т, 1974. — 23 с.
3. *Подвидз Л.Г., Кирилловский Ю.Л.* Расчет оптимального струйного насоса для работы на разнородных жидкостях // Тр. ВИГМ, 1963, в.32. — С. 114—128.
4. *Соколов Е.Я., Зингер Н.М.* Струйные аппараты. М.: Энергия, 1970. — 288с.
5. *Темнов В.К.* Основы теории жидкостных эжекторов. Челябинск: Челябинский политехн. ин-т, 1971. — 89 с.
6. *Щербина Г.С.* Исследование и совершенствование гидроэлеваторов для гидро-транспорта сыпучих материалов. М.: Ин-т горного дела, 1979. — 24 с.
7. *Болотских Н.С.* Строительное водопонижение в сложных гидрогеологических условиях. К.: Будівельник, 1976. — 112 с.
8. *Грабовский А.М.* Гидравлический расчет параметров эжектора // Изв. вузов. Стр-во и архитект. 1973, №8. — С. 95—99.
9. *Скорубко А.М.* Гидродинамические исследования струйных насосов. М.: МВТУ, 1978. — 16 с.

Одержано редколегією 02.06.09 р.

УДК 664/1/033

С.О. НАРОЖНИЙ, асп.*УкрНДІЦП***А.І. СОРОКІН**, старш. наук. спів., старш. викл.,**М.Д. ХОМЕНКО**, д-р техн. наук, проф.*ІПДОНУХТ*

ПРИНЦИПОВА СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ ЕЖЕКТОРА ПРИ ВОДОПОВІТРЯНОМУ ПУЛЬСАЦІЙНОМУ ВІДМИВАННЮ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Ефективність роботи цукрового заводу визначається максимально можливим виходом готової продукції. Важливою складовою при цьому є скорочення втрат бурякомаси і цукру на усіх ділянках, в тому числі за рахунок інтенсифікації технологічних процесів.

Ключові слова: втрати, бурякомаса, цукор, забрудненість, подрібнення, відмивання, водоповітряна суміш.

Эффективность работы сахарного завода определяется максимально возможным выходом готовой продукции. Главной составляющей при этом является сокращение потерь свекломассы и сахара на всех, в том числе и за счет интенсификации технологических процессов.

Ключевые слова: потери, свекломасса, сахар, загрязненность, дробление, отмывание, водо-воздушная смесь.

The overall performance of sugar factory is defined by many factors, but most important of them: extraction from the prepared raw materials of the greatest possible quantity of sucrose. The main thing in market conditions of activity of the enterprises are questions of their effective work at the maximum reduction beet mass losses and sugar at all sites from acceptance of raw material before finished goods reception, including by intensification of technological processes.

Key words: losses, impurity, crushing degree, sugar, washing up, a water-air mixture.

Цукрові буряки, зібрані механізованим способом і поточним, перевалочним чи поточно-перевалочним способом доставлені на цукровий завод, відзначаються високим рівнем забрудненості і подрібнення [1, 2]. Тому ж основну увагу при підготовці буряків до переробки слід приділяти інтенсифікації процесу відмивання буряків, зменшенню витрат води, контрольному виловлюванню домішок, зниженню ступеню подрібнення коренів і, пов'язаних з ним, втрат бурякомаси і цукру.

Для кінцевого відмивання буряків від землі, контрольного відділення важких і плаваючих домішок використовують бурякомийки різних типів [2, 3].

Запропоновані і впроваджені на вітчизняних цукрових заводах бурякомийні комплекси забезпечують, при фактичних технологічних і технічних якостях цукрових буряків що надходять на цукрові заводи України, до 70—82% ступінь відмивання буряків [2, 4], що не відповідають технологічним вимогам.

Досягти необхідної очистки буряків можливо при інтенсифікації процесу відмивання з використанням інтенсивного перемішування, високочастотних коливань, кінетичної енергії

© С.О. Норожний, А.І. Скоркін, М.Д. Хоменко, 2011

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

високонапірних струменів води, потенційної енергії стисненого повітря, вібрації, кавітації, гідравлічних ударів та ін.

Найбільш доступними, з відносно мінімальними капітальними і експлуатаційними затратами є використання кінетичної енергії високонапірних струменів води, потенційної енергії стисненого повітря, процесу кавітації, гідравлічних ударів рідинно-повітряної суміші.

Для використання вищеперерахованих процесів інтенсифікації важливим є апаратне їх оформлення і забезпечення ефективного використання енергії як в окремих, так і сумарних режимах роботи.

Пропонується для реалізації цих процесів у виробництві використати насос 2ТС-75-115 з параметрами роботи (Q-H-характеристика) $Q = 75 \text{ м}^3/\text{год}$, $P_{\text{роб}} = 11,5 \text{ МПа}$ ($H = 115 \text{ м.вод.ст.}$), ежектора і пульсаційного пристрою.

Принципова схема підключення високо напірного насоса, ежектора і пульсаційного пристрою до мийного комплексу цукрового заводу з використанням водо-повітряного пульсаційного режиму відмивання цукрових буряків (рис. 1).

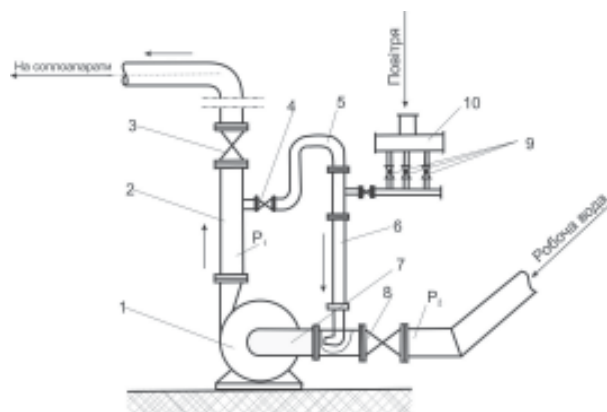


Рис. 1. Принципова схема підключення високо напірного насоса, ежектора і пульсаційного пристрою до мийного комплексу цукрового заводу

Робоча вода насосом 1, в якості якого пропонується насос 2ТС-75-115 виготовлення Кіровоградського заводу "Цукрогідромаш", або іншого насоса з аналогічною Q-H характеристикою, подається по напірному трубопроводу 2 через регулюючий вентиль 3 на соплоапарати. З напірного трубопроводу 2 через вентиль 4 і по комунікації 5 частина води під тиском відбирається (подається) через ежектор 6 в підходящий (всмоктувальний) трубопровід 7 на якому встановлено регулюючий вентиль 8. В ежектор 6 через шарові крани 9 різних діаметрів від колектора 10 поступає повітря в розрахункових кількостях.

Робота ежектора 6 в даній схемі забезпечується за рахунок різниці тисків в напірній P_1 і в всмоктувальній P_2 комунікаціях, тобто $\Delta P = P_1 - P_2$. По класичній схемі, за рахунок дозування повітря, водоповітряна суміш (рідина-газ) надходить в насос 1 і під високим тиском ($P = 11,0 - 11,5 \text{ МПа}$) подається на соплоапарати.

При даному тиску об'єм бульбашок повітря знаходиться у меншому визначеному об'ємі. При виході із соплоапаратів відбуваються процеси: вихідна швидкість струменю суміші має велику кінетичну енергію, а різкий спад тиску велику потенційну енергію повітря в процесі кавітації, які діють разом на поверхню кожного коренеплода під тангенціальним і прямим кутом, інтенсивно видаляють зв'язані забруднення з поверхні коренеплодів, в тому числі і із занурених.

Висновки. В запропонованому апаратному оформленні процесу, використанні кінетичної енергії високонапірного струменю води і потенційної кавітаційної енергії повітря, при простоті інженерних рішень, передбачається висока інтенсифікація процесу відмивання

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

цукрових буряків. Дане технічне рішення може бути використане при любых схемах і оснащенні мийного відділення цукрового заводу і, при правильному виконанні і рекомендованих режимах експлуатації, може забезпечити ступінь відмивання буряків не нижче 95 %, чого вимагають правила технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. *Сахарная свекла*. Проблеме повышения технологических качеств и эффективности переработки / Л.И. Чернявская, Ю.С. Ионицей, В.О. Штангеев, В.Н. Кухар, В.М. Милькевич, В.В. Куянов. Киев: Фитосоциоцентр, 2003. — 308 с.
2. *Хоменко М.Д.* Сучасні схеми та обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку.: Видавництво “Сталь”, 2006, — 240 с.
3. *Горський Г.К., Горбунов В.Н., Ковтун О.М.* Реконструкція мийного комплексу на Цибулівському цукровому заводі // Цукор України. — 1986. — №1. — С. 23—25.
4. *Хоменко М.Д.* Сучасне обладнання бурякопідготовчого відділення цукрового заводу. Раціональна експлуатація, ремонт, монтаж і налагодження.—К.: ІПК Держхарчопрому України, 1996. — 62 с.
5. *Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків* (правила усталеної практики 15,83-37-106 : 2007). — К.: Видавництво ТОВ “Інформаційно-аналітичний центр” Цукор України “. 2007, — 419 с.

Одержана редколегією 22.12.2009 р.

В.С. ГУЦЬ, д-р техн. наук, проф.,
А.М. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
О.В. Євтушенко
 Національний університет харчових технологій

ОЦІНКА СТАНУ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Проаналізовано причини виробничого травматизму у харчовій промисловості України за період 2003...2009 р. Запропонована методика моделювання оцінки стану охорони праці на робочому місці. Розроблено програмний продукт для контролю знань з охорони праці виробничого персоналу.

Ключові слова: виробничий травматизм, заходи з охорони праці, робоче місце, контроль знань з безпеки праці.

Проанализированы причины производственного травматизма в пищевой промышленности Украины за период в 2003...2009 г. Предложена методика оценки состояния охраны труда на рабочем месте. Разработан программный продукт для контроля знаний по охране труда производственного персонала.

Ключевые слова: производственный травматизм, мероприятия по охране труда, рабочее место, контроль знаний по безопасности труда.

The article deals with reasons of production traumatism are analysed in food retail industry of Ukraine for period in 2003...2009. The method of estimation of the state of labour protection is offered in the workplace. A software product is developed for control of knowledges on a labour of manufacturing staff protection.

Keywords: production traumatism, measures on a labour protection, workplace, control of knowledges is from safety of labour.

Вступ. Статистика причин виробничого травматизму в харчовій промисловості за період 2003...2009 роки [1] свідчить про те що більша частина нещасних випадків викликана організаційними причинами (69%), технічні причини складають (18%) від загальної кількості причин травматизму рис. 1.

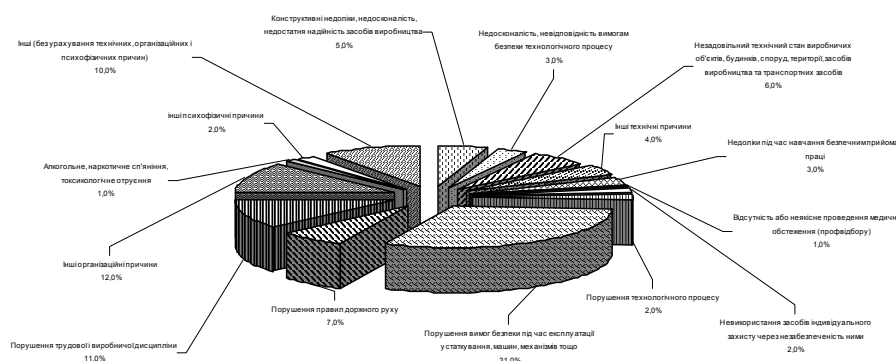


Рис. 1. Розподіл причин травматизму в харчовій промисловості України, за період 2003—2009 рр.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

З рис. 1 видно, що визначальні складові організаційних причин травматизму робітників є порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо (31 %), порушення трудової і виробничої дисципліни (11 %).

В основному ці порушення відбуваються через погане знання робітниками правил техніки безпеки. Проблема ця зумовлена слабкістю технічної бази для навчання; наявністю формалізму в навчанні й інструктуванні працівників на робочих місцях; поверховим контролем знань робітників вимог з охорони праці.

На сьогодні одним з можливих шляхів зниження рівня виробничого травматизму в харчовій промисловості є проведення організаційно-технічних заходів заснованих на організації контролю виконання заходів охорони праці на робочому місці та пошуку нових рішень в забезпеченні безпечних умов праці.

Слід зазначити, що на сучасному етапі розвитку суспільства впровадження засобів обчислювальної техніки в сферу охорони праці викликало попит на програмні продукти.

Метою роботи було розробка методики оцінки стану охорони праці на робочому місці у вигляді закінченого програмного продукту для ЕОМ.

У контексті нашого наукового пошуку значний інтерес становить методика ділової гри в системі охорони праці П.І. Осипова [2]. Мета цієї роботи — проведення ділової гри для перевірки засвоєння інформації з охорони праці в її учасників з умінням побудувати систему управління охороною праці на підприємстві.

Передусім зазначимо, що ефективне функціонування системи навчання та контролю знань робітників на виробництві, неможливе без активного залучення самих робітників в цей процес.

Розроблена методика оцінки стану охорони праці на робочому місці базується на алгоритмі зміни пріоритету заходів з охорони праці, які передбачені до виконання системою стандартів, інструкцій, регламентів, пам'яток, що дозволяє надати системі контролю характер гри та індивідуально підійти до кожної групи спеціалістів. Запропонований принцип пріоритету здійснених заходів через систему балів спрямований на психофізіологічні можливості людини, яка приймає участь у перевірці стану охорони праці на своєму робочому місці.

В основу методики покладено формування у робітників системних знань з охорони праці шляхом корекції наявних у них фрагментарних знань. На формування системи знань вказує результат контролю знань з охорони праці на робочому місці, виражений відповідним коефіцієнтом $K_{зм}$.

Для визначення коефіцієнту охорони праці на робочому місці $K_{олм}$, необхідно розрахувати коефіцієнт знання охорони праці на робочому місці $K_{зм}$, коефіцієнт санітарії і гігієни на робочому місці $K_{сгм}$, коефіцієнт виробничої санітарії на робочому місці $K_{всм}$ рис. 2.

Для розрахунку коефіцієнтів $K_{зм}$, $K_{сгм}$, $K_{всм}$ необхідно визначити значення коефіцієнтів: знання інструкції $K_{зі}$, знання регламенту $K_{зр}$, знання пам'ятки $K_{зіп}$, застосування засобів індивідуального захисту $K_{зіз}$, санітарії робочого місця $K_{см}$, санітарії устаткування $K_{су}$, санітарії інструментів і пристроїв $K_{сіп}$, гігієни праці $K_{гп}$, мікроклімату на робочому місці $K_{мкм}$, освітленості на робочому місці $K_{ом}$. Усі зазначені коефіцієнти визначаються емпіричним шляхом.

Розроблені карти для визначення коефіцієнтів $K_{зі}$, $K_{зр}$, $K_{зіп}$, $K_{зіз}$ заповнюються робітниками які перевіряються на знання інструкції, регламенту, пам'ятки та застосування засобів індивідуального захисту при визначенні коефіцієнта охорони праці на робочому місці. карти для визначення коефіцієнтів $K_{сгм}$, $K_{всм}$ заповнюються особою, на яке покладене здійснення заходу щодо перевірки стану охорони праці на робочому місці.

У роботі запропоновано визначення коефіцієнтів: $K_{зі}$, $K_{зр}$, $K_{зіп}$, $K_{зіз}$, $K_{см}$, $K_{су}$, $K_{сіп}$, $K_{гп}$, $K_{мкм}$, $K_{ом}$ не як відношення кількості фактично виконаних заходів до загальної кількості заходів, які передбачаються системою стандартів безпеки праці, інструкцій, регламентів, пам'яток, а як відношення кількості балів, які призначаються за фактично виконані заходи до загальної кількості балів, які призначаються за кількість заходів, запропонованих до виконання.

Наприклад, при визначенні коефіцієнта знання інструкції $K_{зі}$ при перевірці знань інструкції з техніки безпеки за виконання 10-го, 20-го, 30-го, 40-го заходу призначаються додаткові бали, що у свою чергу повинно стимулювати працюючих при визначенні рейтингу знань з охорони праці виробничих підрозділів. Інша мета — введення додаткових балів, виключення з підрахунку підсумкового результату десяткових знаків, які ускладнюють подальші розрахунки коефіцієнтів.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

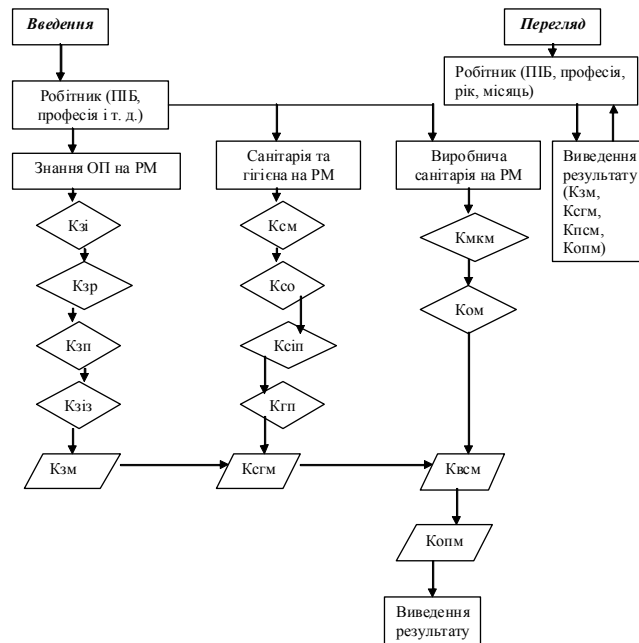


Рис. 2. Схема методики оцінки стану охорони праці на робочому місці

Методика оцінки стану охорони праці на робочому місці дозволить також враховувати рівень запропонованого до виконання заходу, який спрямовано на забезпечення безпечних і здорових умов праці на робочому місці. Наприклад: при визначенні коефіцієнта освітленості $K_{ОМ}$ за виконання нормованої величини освітленості на робочому місці призначається 100 балів, у випадку якщо освітленість нижче установлених вимог, то бали взагалі не призначаються.

На основі вищевикладеної методики, для обчислення коефіцієнтів $K_{зі}$, $K_{зір}$, $K_{зіп}$, $K_{зіз}$, $K_{см}$, $K_{смр}$, $K_{сп}$, $K_{гг}$, $K_{мкм}$, $K_{ом}$, $K_{всм}$, $K_{опм}$ авторами розроблено комп'ютерну програму „Контроль знань з охорони праці виробничого персоналу” в середовищі Delphi 7. Для збереження інформації використовується база даних. В якості СУБД використано MS Access 2000 (БД являється настільною). Для зв'язку з базою даних використовуються компоненти бібліотеки ADO (підтримується Microsoft і не потребує встановлення додаткового програмного забезпечення) — ADO Connection (для зв'язку з БД), ADO Table (для зв'язку з таблицею), а також Data Source (для доступу до даних таблиці), та візуальні компоненти DB Grid (для відображення даних таблиці), DB Navigator (для роботи з даними таблиці). Для створення звіту використовується компонент QuickRep. Для пошуку в БД використовуються запити написані на мові-запитів SQL, для цього використовується компонента ADOQuery.

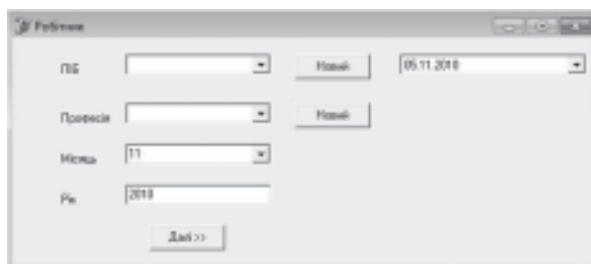
Для запуску програми потрібно натиснути один раз лівою кнопкою миші (або натиснути клавішу «Enter», що знаходиться на клавіатурі) на файлі «Control.exe», після чого з'явиться головне меню програми, яке має такий вигляд:



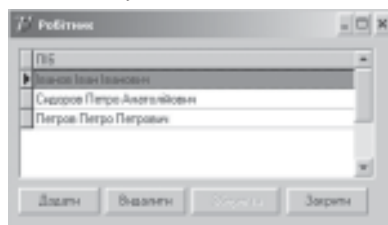
ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Дане вікно містить три пункти: «Введення» — для вводу даних, «Перегляд» — для перегляду даних (дані пункти дублюються на панелі інструментів), та «Вихід» — для виходу з програми (вийти з програми також можна просто закривши дане вікно). Для полегшення роботи над кожною кнопкою при піднесенні курсору з'являється підказка про функцію кожної кнопки.

При виборі першого пункту з'являється вікно для вводу даних про робітника, який перевіряється:



У даному вікні потрібно ввести ПІБ робітника (вибрати його із списку, а якщо необхідного ПІБ немає потрібно натиснути на кнопку «Новий» і ввести нове ПІБ у БД):



Для введення потрібно натиснути кнопку «Додати», а ввівши кнопку — «Зберегти», відповідно для видалення — «Видалити», для повернення у попереднє меню натиснути кнопку «Закрити».

Потім у вікні «Робітник» потрібно ввести професію (аналогічно ПІБ), далі місяць та рік перевірки, для зручності вони проставляються автоматично. Якщо необхідно дізнатися поточну дату в правому куті вікна міститься календар, для того, щоб його продивитися достатньо клацнути на ньому лівою кнопкою миші:

Потім потрібно натиснути кнопку «Далі». В базі даних не може бути однакових даних, тому якщо помилково були введені неправильні дані, то з'явиться вікно з попередженням і дані буде потрібно змінити:

Якщо просто закрити дане вікно або інші вікна, що з'являться після цього до перегляду — дані не зберезуться в БД.

Далі з'являється вікно у якому потрібно ввести дані для розрахунку коефіцієнта знання інструкції (Кзі). Із полів зі списком потрібно вибрати одне з двох значень (значення фіксовані і дані за завданням на розробку). Потім потрібно натиснути кнопку «Розрахувати» (потрібно ввести всі дані, інакше з'явиться вікно з попередженням) для розрахунку Кзі (результат відображається на формі), потім кнопку «Далі».



ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Далі з'явиться вікно для визначення коефіцієнту знання регламенту (Кзр), потім знання пам'ятки (Кзп), далі використання засобів індивідуального захисту (Кіз). З цими формами потрібно провести аналогічні дії. На останній формі розраховується коефіцієнт знання охорони праці на робочому місці ($K_{зм} = (K_{зі} + K_{зр} + K_{зп} + K_{із})/4$):

Далі необхідно ввести дані для розрахунку коефіцієнта санітарії робочого місця (Ксм), санітарії обладнання (Ксо), санітарії інструментів та пристроїв (Ксіп),

гігієни праці (Кгп), вибравши один з двох типів робочого місця:

На останній формі розраховується коефіцієнт санітарії та гігієни на робочому місці ($K_{сгм} = (K_{см} + K_{со} + K_{сіп} + K_{гп})/4$):

Потім необхідно ввести дані для визначення коефіцієнта мікроклімату на робочому місці (Кмкм), освітленості на робочому місці (Ком). На останній формі розраховуються

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

коефіцієнт виробничої санітарії на робочому місці ($K_{псм} = (K_{км} + K_{ом})/2$) та коефіцієнт охорони праці на робочому місці ($K_{опм} = (K_{зм} + K_{сгм} + K_{псм})/3$):•

Карта визначення коефіцієнта освітленості на робочому місці ($K_{ом}$)

Вибрати визначення освітленості на робочому місці:

☒ Визначено освітленості не менше нормованої визначені

☐ Визначено освітленості не відповідає нормованій визначені

Розраховано

Ком=1

Кпсм=1

Далі>>

Копм=0,571

* $K_{псм}$ - коефіцієнт виробничої санітарії на робочому місці

* $K_{опм}$ - коефіцієнт охорони праці на робочому місці

При натисненні кнопки «Далі» з'являється вікно для перегляду (аналогічно другому пункту головного меню):

Код перевірки	Прізвище	Піде	Місяць	Рік	Зн	Зс	Зп	Зк	Зпс	Зоп
73	Петров Петро Петрович	м. Київ	12	2008	0,498	0,498	0,498	0,498	0,498	0,498
79	Іванов Іван Іванович	м. Київ	12	2008	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
80	Сидоров Петро Михайлович	м. Київ	11	2008	1	0,38	1	0,38	1	0,38
81	Петров Петро Петрович	м. Київ	12	2008	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832

На цьому вікні міститься інформація про всі перевірки персоналу: код перевірки, ПІБ робітника, професія, місяць, рік, у якому проводилась перевірка, а також коефіцієнти знання охорони праці на робочому місці ($K_{зм}$), санітарії та гігієни на робочому місці ($K_{сгм}$), виробничої санітарії на робочому місці ($K_{псм}$) та коефіцієнт охорони праці на робочому місці ($K_{опм}$). Дані не можна редагувати. Якщо необхідно продивитися детально всю інформацію стосовно перевірки, необхідно вибрати необхідний запис (клікнувши на ньому лівою кнопкою миші) та натиснути кнопку «Детально»:

Код	Прізвище	Піде	Місяць	Рік	Зн	Зс	Зп	Зк	Зпс	Зоп
82	Петров Петро Петрович	м. Київ	12	2008	0,498	0,498	0,498	0,498	0,498	0,498

Вікно збільшується і у нижньому кінці з'являється панель з закладками ($K_{зі}$, $K_{зр}$...), обравши будь-яку з закладок можна продивитися всю інформацію стосовно вибраного коефіцієнту. Натиснувши ще раз на кнопку «Детально» вікно стає таким, яким було з початку.

Якщо необхідно знайти якийсь запис, потрібно натиснути кнопку «Пошук».

З правого боку вікна з'являється панель для пошуку записів:

Пошук

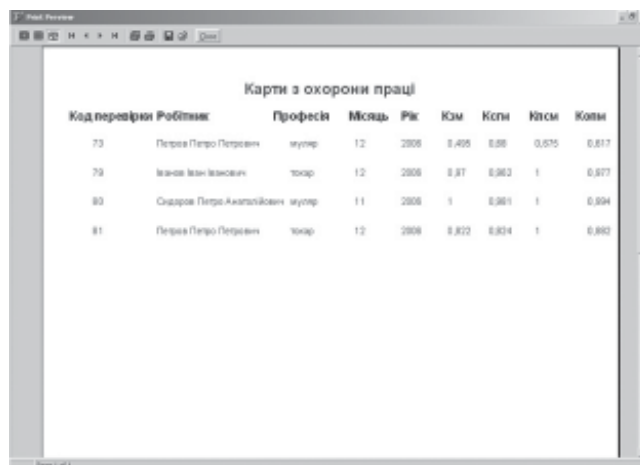
Місяць

Рік

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Пошук можна здійснювати по чотирьом полям: ПІБ, Професія, Місяць, Рік. Для пошуку потрібно поставити прапорець навпроти поля, по якому здійснюється пошук, вибрати зі списку параметр пошуку та натиснути кнопку «Знайти». Для того, щоб знову побачити всі дані потрібно натиснути кнопку «Показати все».

Також можна сформувати звіт про перевірки, натиснувши кнопку «Друк»:



Код перевірки	Робітник	Професія	Місяць	Рік	Кім	Копи	Інсм	Копм
73	Петров Петро Петрович	мушкетер	12	2008	0.405	0.88	0.675	0.817
79	Іванов Іван Іванович	токарь	12	2008	0.87	0.962	1	0.977
80	Сидоров Петро Анатолійович	мушкетер	11	2008	1	0.981	1	0.994
81	Петров Петро Петрович	токарь	12	2008	0.822	0.824	1	0.882

Звіт можна сформувати за всіма даними або за результатами пошуку. Для того, щоб роздрукувати звіт потрібно натиснути кнопку «Print», що знаходиться на панелі інструментів даного вікна.

Дані можна видаляти — виділивши відповідний запис та натиснувши кнопку видалити. Для виходу з вікна перегляду потрібно натиснути кнопку «Вийти».

Висновок. Запропонована методика оцінки стану охорони праці на робочому місці, дозволить не тільки контролювати рівень знань з охорони праці безпосередньо орієнтованих на професію робітників різних технологічних рівнів, а також дасть змогу перевірити та оцінити умови праці, робітників під час трудової діяльності.

Подальшим важливим етапом попередження виробничого травматизму в харчовій промисловості України є впровадження розробленої методики та програмного продукту для ЕОМ на підприємствах харчової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кошіль О. Г. Статистичний бюллетень. Травматизм на виробництві у 2002 році / Кошіль О.Г., Костровенко Л. Н. — К.: Держкомстат України., 2003 — 2009. — 197 с.
2. Осипов П.И. Деловая игра в системе управления охраной труда. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. — 136 с
3. Праховнік Н. А. Підвищення ефективності прийняття рішень при плануванні заходів з охорони праці на галузевому рівні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охорона праці» / Н. А. Праховнік. — К., 2000. — 20 с.
4. Лукін С.Ю. Вплив вербального викладення правил техніки безпеки на ступінь їх дотримання // Проблеми охорони праці в Україні. — К.: ННДІОП, 2000. — Вип. 3. — С. 71—78.

Одержано редколегією 16.02.2010 р.

В.Г. МИРОНЧУК, д-р техн. наук,
В.В. ПОНОМАРЕНКО, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

ПРО ВПЛИВ ПАРОВОГО ПОТОКУ НА МАСОПЕРЕДАЧУ CO_2 В РОЗПИЛЮЮЧОМУ АБСОРБЕРІ ДВОСЕКЦІЙНОГО САТУРАТОРА

В статті проаналізовано явище зустрічно направленої дифузії двох компонентів в середовищі інертного газу і визначено їх взаємний вплив.

Ключові слова: двосекційний сатуратор, розпилюючий абсорбер, очищення, масообмін, абсорбція, адсорбція, діоксид вуглецю, паровий потік, потоки компонентів.

В статье проанализировано явление встречно направленной диффузии двух компонентов в среде инертного газа и определено их взаимное влияние.

Ключевые слова: двухсекционный сатуратор, распылительный абсорбер, массообмен, абсорбция, адсорбция, двуокись углерода, паровой поток, потоки компонентов.

In the article the phenomenon of the meeting directed diffusion of two components is analysed in the environment of rare gas and certainly their mutual influencing.

Keywords: dvosektsiyniy soda-fountain, nebulizing absorber, cleaning, masoobmin, absorption, adsorption, dioxide of carbon, steam stream, streams of components.

Одним з перспективних напрямків фізико-хімічного очищення цукрового розчину від нецукрів є ведення процесу в двосекційних сатураторах [1, 2]. Одним із таких апаратів є сатуратор з першою розпилюючою ступінню контакту фаз під надлишковим тиском та наступною барботажною при загальному прямотоці фаз. В першій ступені сатуратора — розпилюючому абсорбері — розпилений відцентрово-струминною форсункою цукровий розчин з концентрацією вапна 2,5 — 3 % CaO реагує з діоксидом вуглецю сатураційного газу, який є сумішшю діоксиду вуглецю з концентрацією до 30 — 35 об'ємних %, парів води і інертного газу — азоту N_2 . В результаті реакції утворюється молекулярний карбонат кальцію, який внаслідок значного пересичення в розчині утворює зародки кристалів CaCO_3 високої адсорбційної здатності.

Соко-газова суміш з розпилюючого абсорбера подається під рівень соку барботажної частини сатуратора в якій відбувається подальше зниження лужності цукрового розчину до нормативного значення $\text{pH} = 11$. Утворений тут карбонат кальцію осаджується на вже існуючих зародках CaCO_3 . Таким чином, в барботажній секції сатуратора проходить „дозрівання” кристалічного карбонату кальцію при одночасній адсорбції нецукрів на його розвинутій поверхні. Оскільки кристалоутворення CaCO_3 відбулося одномоментно в розпилюючому абсорбері а його ріст проходить в барботажній частині сатуратора в рівних умовах, то такий осад буде характеризуватися рівновеликим розміром кристалу.

При проведенні процесу сатурації в такому секційному апараті підвищуються якісні показники оброблюваного соку, седиментаційні та фільтраційні властивості осаду, збільшується коефіцієнт використання діоксиду вуглецю.

Розглянемо масообмінні процеси, які відбуваються в розпилюючому абсорбері.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Сатураційний газ надходить в абсорбер насичений парами води до рівноважного парціального тиску при температурі близько 30 °С. В розпилюючому абсорбері відбувається дифузія діоксиду вуглецю до поверхні розділу фаз з цукровим розчином і подальшою швидкою хімічною реакцією другого порядку і одночасно насичення сатураційного газу парами води до рівноважного стану при температурі цукрового розчину (рис. 1). Можливо сказати і так: суміш компонентів CO_2 і H_2O знаходиться під тиском P при температурі t в плівці товщиною δ . Гази поступають назустріч один одному через дві граничні поверхні, а інертний газ N_2 не подається і не виводиться з плівки.

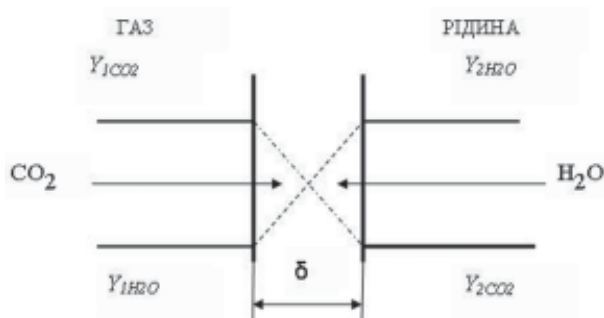


Рис. 1. Потoki дифундуючих компонентів через плівку

Зв'язок потоків діоксиду вуглецю (N_{CO_2}) і парів води ($N_{\text{H}_2\text{O}}$) в середовищі інертного газу (N_2) з концентраціями на границі плівки і його властивостями дається системою рівнянь [3]:

$$\begin{cases} \frac{N_{\text{CO}_2}}{D_{\text{CO}_2, \text{N}_2}} + \frac{N_{\text{H}_2\text{O}}}{D_{\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2}} = \frac{P}{RT\delta} \ln \frac{Y_{2\text{N}_2}}{Y_{1\text{N}_2}} \\ N_{\text{CO}_2} + N_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{D_{\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}} P}{RT\delta} \ln \left[\frac{(N_{\text{CO}_2} + N_{\text{H}_2\text{O}}) / N_{\text{CO}_2}}{(N_{\text{CO}_2} + N_{\text{H}_2\text{O}}) / N_{\text{H}_2\text{O}}} \right] \frac{Y_{2\text{CO}_2}}{Y_{1\text{CO}_2}} - \left[\frac{(N_{\text{CO}_2} + N_{\text{H}_2\text{O}}) / N_{\text{H}_2\text{O}}}{(N_{\text{CO}_2} + N_{\text{H}_2\text{O}}) / N_{\text{CO}_2}} \right] \frac{QY_{2\text{H}_2\text{O}} + Q - 1}{QY_{1\text{H}_2\text{O}} + Q - 1} \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{де } Q = (1 / D_{\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}} - 1 / D_{\text{CO}_2, \text{N}_2}) / (1 / D_{\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}} - 1 / D_{\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2}) \quad (2)$$

Коефіцієнт дифузії компоненту А в компоненті В розраховується по формулі [4]:

$$D_{A,B} = \frac{10^{-3} T^{1.75} [(\mu_A + \mu_B) / \mu_A \mu_B]^{0.5}}{P[(\sum v_A)^{1/3} + (\sum v_B)^{1/3}]^2}, \quad (3)$$

де μ — молекулярні маси компонентів, $\sum v$ — молекулярні дифузійні об'єми.

При виконанні подальших розрахунків робилось припущення, що сатураційний газ за час перебування в абсорбері встигав насититись водяною парою до стану рівноваги. Для підтвердження цього припущення були проведені оціночні розрахунки по трьом незалежним методикам. Отримані близькі результати часу насичення газу парами води в діапазоні $9,5 \cdot 10^{-3}$ — $5,2 \cdot 10^{-3}$ с. Слід також відмітити, що розрахунки були проведені з допущенням чистого випаровування, абсорбцією CO_2 нехтувалось.

Розв'язок даної системи рівнянь отримується методом послідовних наближень [3]. Знайдемо співвідношення потоків компонентів для деякого характерного часу в який значення мольних долей постійні на обох пограничних поверхнях і складають:

$Y_{1\text{CO}_2} = 0,273$; $Y_{1\text{H}_2\text{O}} = 0,025$; $Y_{1\text{N}_2} = 0,702$ — на одній поверхні;
 $Y_{2\text{CO}_2} = 0,238$; $Y_{2\text{H}_2\text{O}} = 0,288$, $Y_{2\text{N}_2} = 0,474$ — на другій, та наступних умовах:
 температура рідини в абсорбері 77 °С;
 температура газу на вході в абсорбер — 73 °С,

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

парціальний тиск парів води в газі — $= 0,035 \cdot 10^5$ Па, що відповідає температурі газу на вході в абсорбер 27°C ;

температура вихідного газу 76°C ; тиск насичення $= 0,408 \cdot 10^5$ Па;

тиск газу в абсорбері $P = 1,39 \cdot 10^5$ Па.

Ці умови відповідають стану сатураційного газу на вході в розпилюючий абсорбер і його виході.

З точністю до 7 % розв'язок системи рівнянь (1) дає співвідношення потоку водяного пару до потоку діоксиду вуглецю в такому вигляді:

$$N_{\text{H}_2\text{O}} = 5,21 \cdot N_{\text{CO}_2} \quad (4)$$

Останнє співвідношення дозволяє зробити ряд важливих висновків.

1. Насичення сатураційного газу парами води в розпилюючому абсорбері уповільнюється зустрічно направленим потоком CO_2 .

2. Справедливе також наступне твердження: швидкість процесу абсорбції діоксиду вуглецю цукровим розчином значно знижується внаслідок випаровування води.

Практично у всіх реальних процесах тепло і масообміну крім основного потоку реагентів, які безпосередньо приймають участь у процесі, є супутні потоки компонентів, що не приймають участі у фізико-хімічних цільових процесах, але впливають на основний потік. Це має місце, коли парціальний тиск парів води в газовій фазі нижче рівноважного парціального тиску парів при температурі рідини. В таких випадках необхідно враховувати вплив парового потоку, так як цільовий процес переносу абсорбтива уповільнюється. Для усунення цього негативного впливу необхідно заздалегідь готувати реагенти до участі в масообмінних процесах - приводити їх в рівновагу по показникам, які уповільнюють цільовий процес (при сатурації - сатураційний газ не насичений парами води і відбувається інтенсивний процес випаровування, що уповільнює абсорбцію діоксиду вуглецю цукровим розчином). Якщо цього не зроблено, то в об'ємі апарату реагенти приводяться в стан рівноваги, причому тим довше, чим більше відхилення від цього стану. Основний масообмінний процес при цьому уповільнюється.

На цьому висновку розроблений спосіб сатурації цукрових розчинів

[5], який передбачає насичення сатураційного газу парами води до досягнення парціального тиску водяних парів, рівного $0,85 \cdot 10^5$ — $1,4 \cdot 10^5$ Па, що відповідає температурі сатураційного газу 95 — 110°C . Насичення сатураційного газу парами води особливо актуальне при проведенні другої сатурації при температурі рідини 90 — 102°C .

При насиченні сатураційного газу парами води до вказаних меж відбувається прискорення абсорбції діоксиду вуглецю під впливом супутнього парового потоку (Стефановський потік). Крім того, при проходженні такого сатураційного газу через цукровий розчин він охолоджується, стає пересиченим по водяній парі і в ньому утворюються капельки води з розчиненим діоксидом вуглецю, що теж сприяє збільшенню використання CO_2 з сатураційного газу.

Висновки. Таким чином, в результаті аналізу процесів, які протікають в розпилюючій ступені двосекційного сатуратора та проведених розрахунків виявлено наступне:

- абсорбція діоксиду вуглецю цукровим розчином значно уповільнюється зустрічно направленим паровим потоком;

- розроблено спосіб сатурації цукрового розчину, який передбачає насичення сатураційного газу парами води, що дозволяє прискорити процес сатурації, збільшити коефіцієнт використання діоксиду вуглецю.

Подальші дослідження вивчення закономірностей масообмінних процесів в розпилюючих абсорберах дозволять розробити більш точну методику їх розрахунку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рева Л.П., Шостаковський В.А., Антоненко Т.І. Напрямки комплексного удосконалення сучасних технологічних процесів очищення дифузійного соку. — Цукор України, 2007, № 5—6, с. 12 — 17.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

2. *Выскребцов В.Б., Пономаренко В.В., Бочкин В.И.* Производственные испытания распылительного сатуратора под давлением — Сахарная промышленность, 1986, №9, с. 30 — 32.
3. *Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч.* Массопередача. Пер. с англ. — М.: Химия, 1982. — 696 с.
4. *Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т.* Свойства газов и жидкостей/ Пер. с англ. Под ред. Б.И.Соколова. — 3-е изд., перераб. и дополн. — Л.: Химия, 1982. — 592 с. — Нью-Йорк, 1977.
5. *А.с. № 1723133 (СССР), МКИ³ С 13 D 3/04.* Способ очистки сахаросодержащих растворов / В.Б.Выскребцов, В.В.Пономаренко, Л.В.Пихоцкий (СССР).-SU №1723133 А 1; заявл.11.07.89; опубл. 30.03.92, Бюл. № 12. — 6 с.: ил.

Одержана редколлегією 10.03.10 р.

УДК 664:331.463

О.В. ЄВТУШЕНКО

Національний університет харчових технологій

АНАЛІЗ СТАТИСТИКИ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Проаналізовано стан виробничого травматизму у харчовій промисловості України за період 2003...2009 р. Подано результати дослідження динаміки виробничого травматизму. Розраховані показники частоти та важкості травматизму. Проведено розподіл нещасних випадків за основними причинами та видами подій.

Ключові слова: виробничий травматизм, нещасний випадок, причини травматизму, види подій.

Проанализировано состояние производственного травматизма в пищевой промышленности Украины за период 2003...2009 г. Поданы результаты исследования динамики производственного травматизма. Рассчитаны показатели частоты и тяжести травматизма. Проведено распределение несчастных случаев за основными причинами и видами событий.

Ключевые слова: производственный травматизм, несчастный случай, причины травматизма, виды событий.

The article deals with consisting of production traumatism is analysed of food retail industry of Ukraine for period in 2003.2009 The results of research of dynamics of production traumatism are given. The indexes of frequency and weight of traumatism are expected. Distributing of accidents is conducted after principal reasons and types of events.

Keywords: production traumatism, accident, reasons of traumatism, types of events.

Статистика нещасних випадків в Україні за останні роки свідчить про те, що на виробництві щорічно травмується: 2003 р. — 36 420 осіб, 2004 р. — 30824 осіб, 2005 р. — 28 268 осіб, 2006 р. — 25 039 осіб, 2007 р. — 22 918 осіб, 2008 р. — 19 707 осіб, 2009 р. — 15 028 осіб, з них із смертельним наслідком: 2003 р. — 1 874 осіб, 2004 р. — 1 935 осіб, 2005 р. — 1 876 осіб, 2006 р. — 1 951 осіб, 2007 р. — 1 959 осіб, 2008 р. — 1 751 осіб, 2009 р. — 1 352 осіб [1].

Аналіз динаміки рівня виробничого травматизму в Україні показує, що харчова промисловість входить у п'ятірку найбільш травмонебезпечних галузей економіки рис. 1.

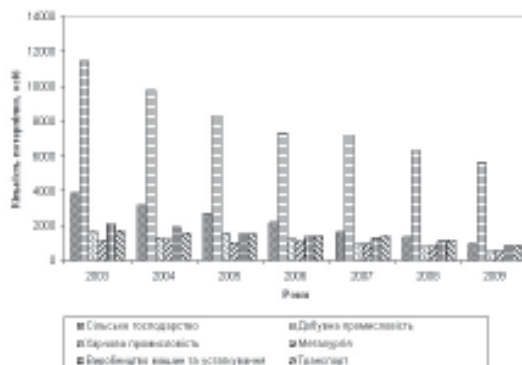


Рис. 1. Порівняльна динаміка кількості потерпілих на виробництві у найбільш травмонебезпечних галузях України, 2003 — 2009 рр.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Незважаючи на загальну тенденцію зниження кількості нещасних випадків на виробництві по Україні, в харчовій промисловості, рівень виробничого травматизму залишається високим, темпи його зниження низькими. Тільки за період 2003...2009 р. у харчовій промисловості було травмовано 8,1 тис. осіб. Серед них загинуло 450 працівників рис. 2.

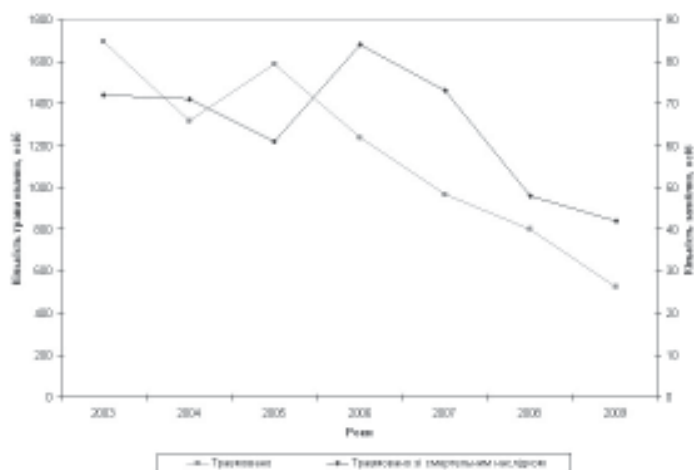


Рис. 2. Динаміка виробничого травматизму в харчовій промисловості України, 2003—2009 рр.

Протягом 2003...2009 рр. у харчовій промисловості кількість потерпілих з утратою працездатності на 1 робочий день і більше та зі смертельним наслідком із розрахунку на 1000 працівників зменшилось з 3,7 до 1,4 [1]. У той же час кількість людино-днів непрацездатності в розрахунку на одного потерпілого на виробництві загалом в Україні зростає з 29,7 до 36,4, а в харчовій промисловості цей показник збільшився відповідно з 26,3 до 38,8 за аналогічний період рис. 3.

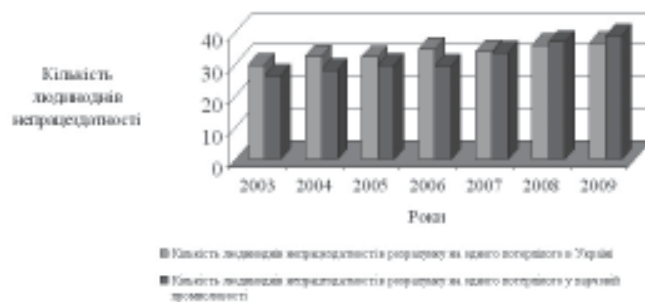


Рис. 3. Порівняльна динаміка зростання кількості людино-днів непрацездатності в розрахунку на одного потерпілого на виробництві в Україні та в харчовій промисловості, 2003 — 2009 рр.

Такий стан охорони праці в харчовій промисловості України можна охарактеризувати як незадовільний.

Метою роботи було проведення статистичного аналізу виробничого травматизму працівників харчової промисловості.

Об'єктом дослідження є виробничий травматизм в харчовій промисловості за період 2003...2009 роки.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Найбільш поширеним методом дослідження виробничого травматизму є статистичний [2].

Статистичний метод дає можливість визначити кількісну сторону травматизму, а також вивчити його основні причини та закономірності їх прояву по значному числу факторів. Базується цей метод на аналізі статистичного матеріалу по травматизму, який накопичений на підприємстві або в галузі за декілька років. Дані для цього аналізу містяться в актах за формою Н—1 і в звітах по формі 7ТНВ. В основі методу лежить узагальнення і групування даних по однорідних ознаках: статі, віку, професії, стажу роботи, часу, типу нещасних випадків, характеру отриманих травм тощо. Цей метод дозволяє встановити найбільш поширені види травм працівників, визначити причини, які спричиняють найбільшу кількість нещасних випадків, розробити і впровадити необхідні організаційно-технічні заходи.

Основними обліковими показниками травматизму в даний час є різні варіанти показників його частоти та тяжкості (Кч, Ктт) [2].

Для більш детального аналізу виробничого травматизму в Україні вводять відносний коефіцієнт смертності Квс [3].

З таблиці 1 видно, що коефіцієнт частоти травматизму і коефіцієнт часткової втрати працездатності повторює тенденцію щодо монотонного зменшення загальної кількості нещасних випадків у харчовій промисловості України. У 2009 р. показник Кч був у 2,6 рази менший, ніж у 2003 р. і становив відповідно 1,4 проти 3,7, а коефіцієнт часткової втрати працездатності в 2009 р. зменшився в 5 разів порівняно з 2003 р. і становив 0,037 проти 0,191.

У той же час інші коефіцієнти вказують на суттєве збільшення кількості нещасних випадків різної тяжкості. Так, коефіцієнт тяжкості травматизму Ктт та відносний коефіцієнт смертності Квс у 2009 р. збільшилися в 1,5 рази порівняно з 2003 р. і становлять 38,8 проти 26,3 та 2,4 проти 1,3 це свідчить про те що, не дивлячись на зниження загальної кількості нещасних випадків в харчовій промисловості, тяжкість травм зростає, тобто нещасні випадки стають все більш небезпечними. Враховуючи це необхідно негайно приймати кардинальні та комплексні заходи щодо зниження цих показників.

Таблиця 1. Розрахункові показники виробничого травматизму в харчовій промисловості України, 2003—2009 рр.

Показники рівнів виробничого травматизму	Рік						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Коефіцієнт частоти травматизму, Кч	3,7	2,8	3,4	2,7	2,1	1,8	1,4
Коефіцієнт часткової втрати працездатності, Кчвп	0,191	0,069	0,159	0,052	0,057	0,038	0,037
Відносний коефіцієнт смертності, Квс	1,3	1,6	1,2	2	2,3	1,8	2,4
Коефіцієнт тяжкості травматизму, Ктт	26,3	28,1	29,7	29,4	33,6	36,8	38,8

За даними Держкомстату, у харчовій промисловості з 2003 по 2009 роки виробничі травми отримали 8 133 працівників. З них (64,2 %) травм отримано особами чоловічої статі. На жіночу статі припадає (35,8 %), що у 2 рази менше від рівня травматизму чоловіків рис. 4.

Різниця в частоті реєстрації травм у чоловіків та жінок пояснюється тим, що “чоловічі” професії більш небезпечні з точки зору виникнення нещасного випадку, та крім цього, порушення робітниками правил техніки безпеки, особиста необережність та шкідливі звички більш характерні для осіб чоловічої статі.

Розгляд розподілу нещасних випадків за віком рис. 5 та стажем рис. 6 потерпілих показує, що 48% припадають на робітників віком 40...65 років. Як правило, такі робітники мають значний виробничий стаж роботи, у тому числі роботи за умов підвищеної небезпеки. Значний рівень травматизму робітників цієї категорії спричинено так званою звичкою до небезпеки — однією з психофізіологічних причин свідомого порушення правил безпеки. Молоді робітники віком 20...30 років та виробничим стажем до року менш досвідчені, це пояснює великий відсоток травмування серед цієї групи робітників. Можна рекомендувати більш суворо підходити до проведення інструктажів, навчання та перевірки знань з охорони праці серед цих

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

вікових груп. Під час інструктажу та навчання потрібно розповідати про звичку до небезпеки та її наслідки.

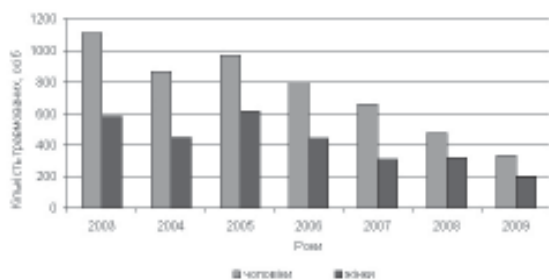


Рис. 4. Динаміка розподілу кількості травмованих працівників чоловічої та жіночої статі в харчовій промисловості України, 2003 — 2009 рр.

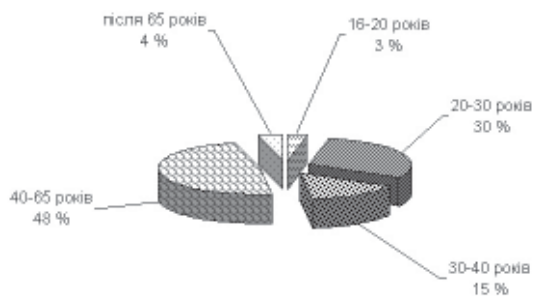


Рис. 5. Розподіл нещасних випадків за віком постраждалого за період 2003—2009 рр.

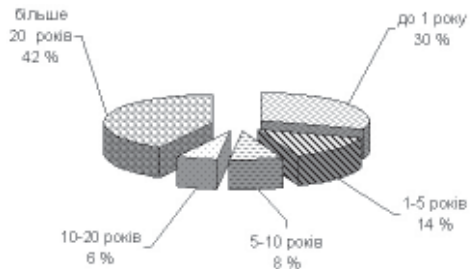


Рис. 6. Розподіл нещасних випадків від стажу роботи за професією у харчовій промисловості за період 2003—2009 рр.

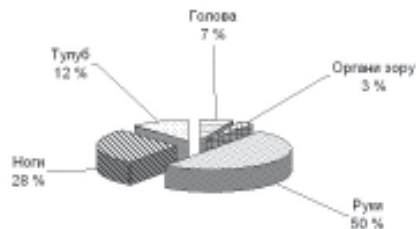


Рис. 7. Розподіл нещасних випадків за антропологічними даними у харчовій промисловості за період 2003—2009 рр.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Стосовно локалізації травм, треба відзначити велику кількість травмування рук — 50% від загальної кількості травм рис. 7. Знизити цей показник можна шляхом подальшої механізації та автоматизації виробництва.

Аналіз статистичних даних дозволяє провести розподіл нещасних випадків за основними причинами таблиця 2 та видами подій таблиця 3. Всього проаналізовано 8 133 випадків травматизму.

Таблиця 2. Розподіл нещасних випадків за основними причинами виробничого травматизму в харчовій промисловості України, 2003—2009 рр.

Назва причини	Відсоток
Конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва	5
Недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу	3
Незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території, засобів виробництва та транспортних засобів	6
Інші технічні причини	4
Недоліки під час навчання безпечним прийомом праці	3
Порушення режиму праці та відпочинку	0,6
Відсутність або неякісне проведення медичного обстеження (профвідбору)	0,4
Невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними	2
Порушення технологічного процесу	2
Порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо	31
Порушення правил дорожнього руху	7
Порушення трудової і виробничої дисципліни	11
Інші організаційні причини	12
Алкогольне, наркотичне сп'яніння, токсикологічне отруєння	1
інші психофізичні причини	2
Інші (без урахування технічних, організаційних і психофізичних причин)	10

Таблиця 3. Розподіл нещасних випадків за видами подій виробничого травматизму в харчовій промисловості України, 2003—2009 рр.

Вид події	Відсоток
Дорожньо-транспортні пригоди	11
Падіння потерпілого	27
у тому числі з висоти	9
Падіння, обрушення, обвали предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо	7
Дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються	27
Ураження електричним струмом	1
Дія шкідливих та токсичних речовин	6
Ушкодження внаслідок контакту з тваринами, комахами та іншими представниками флори та фауни	0,5
Навмисне вбивство або травма, заподіяна іншою особою	1
Стихійне лихо	0,2
Пожежі	0,3
Інші	10

Аналіз вищенаведених причин травматизму дозволяє зробити висновки про те, що визначальними причинами травматизму серед робітників харчової промисловості є порушення

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо (31 %), порушення трудової і виробничої дисципліни (11 %), порушення правил дорожнього руху (7 %).

Велике значення мають причини травматизму, що виникли внаслідок конструктивних недоліків, недосконалості, недостатньої надійності засобів виробництва (5 %), недосконалості, невідповідності вимогам безпеки технологічного процесу (3 %), незадовільного технічного стану виробничих об'єктів, будинків, споруд, території, засобів виробництва та транспортних засобів (6 %).

За видами подій визначальними є падіння потерпілого (27 %), у тому числі з висоти (9 %), дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються (27 %), дорожньо-транспортні пригоди (11 %), падіння, обрушення, обвали предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо (7 %), дія шкідливих та токсичних речовин (6 %).

Висновки та перспективи дослідження. Травматизм у харчовій промисловості України залишається досить високим. Велика частка травм припадає на досвідчених робітників віком 40...65 років, які мають стаж роботи більше 20 років, що пояснюється звичкою до небезпеки та на робітників зі стажем роботи до року у віці 20...30 років. З частин тіла працівників найбільш часто травмуються руки. На ці факти слід звертати особливу увагу під час проведення первинного та повторного інструктажів на робочому місці.

Під час опрацювання вихідної інформації про рівень травматизму у харчовій промисловості України, було відмічено недостатню оперативність надходження даних, відсутність комплексної системи обліку, аналізу та прогнозу випадків травматизму. Тому подальшим важливим етапом дослідження виробничого травматизму є розробка програмного продукту для ЕОМ по створенню бази даних про стан охорони праці на підприємствах галузі, та на її основі автоматизованого банку даних про показники травматизму в харчовій промисловості України, здійснення прогнозування імовірності виникнення нещасних випадків та їх наслідків, підготовка пропозицій щодо зменшення кількості або уникнення нещасних випадків на рівні підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кошіль О.Г. Статистичний бюлетень. Травматизм на виробництві у 2002 році / Кошіль О.Г., Костровенко Л. Н. — К. : Держкомстат України., 2003 — 2009.
2. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник, 2-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. — К.: Каравела, 2004. — 408 с.
3. Костенко О.М. Удосконалення методів і засобів з комплексного аналізу та попередження виробничого травматизму у сільськогосподарському виробництві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.26.01. «Охорона праці» — К., 2002. — 25 с.

Одержано редколегією 20.03.2010 р.

О.П. ЛОБОК, канд. фіз.-мат. наук,
Б.М. ГОНЧАРЕНКО, д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій

ОПТИМАЛЬНОЕ ДИСКРЕТНОЕ КЕРУВАННЯ ЛІНІЙНИМИ БАГАТОВИМІРНИМИ СИСТЕМАМИ

В даній роботі розглядається задача синтезу за модифікованим квадратичним критерієм оптимального дискретного матричного керування об'єктами, які описуються дискретними лінійними математичними моделями. Керування шукається у вигляді зворотного зв'язку від спостережуваних параметрів.

Ключові слова: оптимальне дискретне керування, квадратичний критерій, період квантування, принцип максимуму, двоточкова крайова задача, матричне алгебраїчне рівняння, фундаментальна матриця.

В данной работе рассматривается задача синтеза в соответствии с модифицированным квадратичным критерием оптимального дискретного матричного управления объектами, которые описываются дискретными линейными математическими моделями. Управление ищется в виде обратной связи от наблюдаемых параметров.

Ключевые слова: оптимальное дискретное управление, квадратичный критерий, период квантования, принцип максимума, двухточечная краевая задача, матричное алгебраическое уравнение, фундаментальная матрица.

In this work the task of synthesis is examined in accordance with the modified quadratic criterion of optimum discrete matrix management objects which are described discrete linear mathematical models.

A management is searched as a feed-back from the looked after parameters.

Keywords: optimum discrete management, quadratic criterion, period of quantum, principle of maximum, two point regional task, matrix algebraic equation, fundamental matrix.

У зв'язку з широким застосуванням в системах керування комп'ютерної та мікропроцесорної техніки, актуальними стають підходи до пошуку дискретного керування і до використання дискретних математичних моделей об'єктів, оскільки цей тип моделей досить зручно реалізується засобами цифрової техніки. Тому в даній роботі для задач керування лінійними технологічними об'єктами розглядається клас дискретних (цифрових) моделей. Різним аспектам дискретного керування об'єктами присвячені роботи [1, 2, 3]. В даній роботі для таких об'єктів розглядається задача побудови оптимальних дискретних матричних лінійних регуляторів (синтезу керування) від спостережуваних координат об'єкта у відповідності з модифікованим квадратичним критерієм якості функціонування систем керування.

Розглянемо лінійну дискретну модель деякого об'єкта керування

$$x_{i+1} = A_i x_i + B_i u_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, N-1, \quad (1)$$

де x_i — n -вимірний вектор стану, u_i — m -вимірний вектор керування в дискретні моменти часу τ_i ; x_0 — відомий початковий вектор стану; A_i , B_i — задані матриці розмірностей $n \times n$ та $n \times m$ відповідно.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Нехай спостереження за компонентами вектора стану описуються наступним рівнянням

$$y_i = C_i x_i, \quad (2)$$

де C_i — задані матриці розмірності $p \times n$, що визначають параметри об'єкта доступні для вимірів (спостережень).

Розглянемо наступний квадратичний критерій якості керування, що обмежує відхилення параметрів стану в процесі керування

$$I(u) = \sum_{i=0}^{N-1} \lambda^{2i} (x_i^T P_i x_i + u_i^T D_i u_i) + \lambda^{2N} x_N^T P_N x_N, \quad (3)$$

де $\lambda = \text{const} > 0$ — задана вагова константа, P_i, P_N — задані невід'ємно визначені, D_i — додатньо визначені симетричні вагові матриці відповідних розмірностей, x_N — n -вимірний вектор стану на останньому N -му періоді квантування, " T " — операція транспонування. Множник λ^{2i} введено до складу функціонала (3) для врахування фактору "старіння" інформації — з метою зменшення впливу на керування "застарілої" інформації.

Задача полягає в тому, щоб знайти оптимальне керування u_i у вигляді зворотного зв'язку

$$u_i = R_i y_i, \quad (4)$$

яке на розв'язках рівняння (1) мінімізує критерій (3). В співвідношенні (4) R_i — невідомі шукані матриці керування розмірності $m \times p$.

Для розв'язання задачі синтезу матриці керування перетворимо спочатку критерій (3) шляхом заміни змінних $z_i = \lambda^i x_i$, $v_i = \lambda^i u_i$. Тоді критерій (3) набуває наступного спрощеного вигляду

$$J(v) = \sum_{i=0}^{N-1} (z_i^T P_i z_i + v_i^T D_i v_i) + z_N^T P_N z_N, \quad (5)$$

де z_i та v_i задовольняють рівняння

$$z_{i+1} = \lambda A_i z_i + \lambda B_i v_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, N-1. \quad (6)$$

Тепер задача полягає в тому, щоб знайти керування v_i у вигляді

$$v_i = R_i C_i z_i, \quad (7)$$

яке мінімізує критерій (5).

В подальшому перетворенні, підставляючи співвідношення (7) в функціонал (5), одержимо критеріальний вираз у вигляді, що явно містить шукане матричне керування R_i

$$L(R) = \sum_{i=0}^{N-1} \text{tr} \left[(P_i + C_i^T R_i^T D_i R_i C_i) Z_i \right] + \text{tr} [P_N Z_N], \quad (8)$$

де $\text{tr}[\cdot]$ — слід матриці, тобто сума її діагональних елементів, а матриця $Z_i = z_i z_i^T$ задовольняє рекурентне матричне рівняння

$$\begin{cases} Z_{i+1} = \lambda^2 (A_i + B_i R_i C_i) Z_i (A_i + B_i R_i C_i)^T, & i = 0, 1, 2, \dots, N-1, \\ Z_0 = x_0 x_0^T. \end{cases} \quad (9)$$

Для розв'язання задачі мінімізації критерію (8) $\min_R [L(R)]$ використаємо дискретний матричний принцип максимуму [2], у відповідності до якого будуємо функцію Гамільтона

$$H(Z_i, \Lambda_{i+1}, R_i) = \text{tr} \left[(P_i + C_i^T R_i^T D_i R_i C_i) Z_i \right] + \lambda^2 \text{tr} \left[\Lambda_{i+1} (A_i + B_i R_i C_i) Z_i (A_i + B_i R_i C_i)^T \right],$$

де Λ_i — спряжена додатно визначена симетрична матриця, що задовольняє дискретне рівняння, яке є спряженою системою для визначення оптимального шуканого матричного керування R_i

$$\begin{cases} \Lambda_i = \frac{\partial H(Z_i, \Lambda_{i+1}, R_i)}{\partial Z_i}, & i = N-1, N-2, \dots, 0, \\ \Lambda_N = \frac{\partial}{\partial Z_N} (\text{tr}[P_N Z_N]), \end{cases}$$

де P_N — раніше означена вагова матриця.

Використовуючи формули матричного диференціювання [4], останнє рівняння можна записати так

$$\begin{cases} \Lambda_i = P_i + C_i^T R_i^T D_i R_i C_i + \lambda^2 (A_i + B_i R_i C_i)^T \Lambda_{i+1} (A_i + B_i R_i C_i), & i = N-1, N-2, \dots, 0, \\ \Lambda_N = P_N. \end{cases}$$

Оптимальна матриця зворотного зв'язку R_i (дискретний матричний регулятор) знаходиться з умови

$$\frac{\partial H(Z_i, \Lambda_{i+1}, R_i)}{\partial R_i} = 0,$$

звідки

$$R_i = -\lambda^2 (D_i + \lambda^2 B_i^T \Lambda_{i+1} B_i)^{-1} B_i^T \Lambda_{i+1} A_i Z_i C_i^T (C_i Z_i C_i^T)^{-1}.$$

Якщо зробити заміну змінних $M_i = \lambda^2 \Lambda_i$, то остаточно знайдемо матрицю зворотного зв'язку шуканого керування

$$R_i = -(D_i + B_i^T M_{i+1} B_i)^{-1} B_i^T M_{i+1} A_i Z_i C_i^T (C_i Z_i C_i^T)^{-1}, \quad (10)$$

де M_i задовольняє матричне рівняння

$$\begin{cases} M_i = \lambda^2 [P_i + C_i^T R_i^T D_i R_i C_i + (A_i + B_i R_i C_i)^T M_{i+1} (A_i + B_i R_i C_i)], & i = N-1, N-2, \dots, 0, \\ M_N = \lambda^2 P_N. \end{cases} \quad (11)$$

Отже, оптимальне дискретне керування u_i , яке мінімізує функціонал (3), тобто забезпечує якість керування шляхом обмеження відхилення вектора стану x_i , визначається співвідношенням (4), де матриця зворотного зв'язку R_i обчислюється за формулою (10). Матриці M_i та Z_i , що входять до складу матриці R_i , знаходяться шляхом розв'язання двохточкової дискретної крайової задачі (9), (11).

Можна також показати, що мінімальне значення критерію (3), що відповідає оптимальному керуванню, дорівнює

$$J_{\min} = \lambda^{-2} x_0^T M_0 x_0. \quad (12)$$

Зауваження 1. Якщо спостерігаються всі координати вектора стану x , тобто $C_i = E$ — є одиничною матрицею, то обчислення оптимального керування суттєво спрощується. В цьому випадку матриця R_i обчислюється за формулою

$$R_i = -(D_i + B_i^T M_{i+1} B_i)^{-1} B_i^T M_{i+1} A_i, \quad (13)$$

в якій матриця M_i є розв'язком наступного більш простого ніж (11) рекурентного рівняння

$$\begin{cases} M_i = \lambda^2 [A_i^T M_{i+1} A_i - A_i^T M_{i+1} B_i (D_i + B_i^T M_{i+1} B_i)^{-1} B_i^T M_{i+1} A_i + P_i], & i = N-1, N-2, \dots, 0, \\ M_N = \lambda^2 P_N. \end{cases} \quad (14)$$

Зауваження 2. Якщо система (1) стаціонарна, тобто $A_i = A$, $B_i = B$, то оптимальне керування такою системою на нескінченному часовому проміжку з наступним критерієм, до якого в даному випадку перетворюється функціонал (3)

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

$$I(u) = \sum_{i=0}^{\infty} \lambda^{2i} (x_i^T P x_i + u_i^T D u_i),$$

визначається за формулою $u_i = R x_i$, де

$$R = -(D + B^T M B)^{-1} B^T M A,$$

а матриця M є розв'язком матричного алгебраїчного рівняння

$$M = \lambda^2 [A^T M A - A^T M B (D + B^T M B)^{-1} B^T M A + P].$$

Застосуємо одержані результати для оптимального керування температурним режимом в пластинчатій пастеризаційно-охолоджувальній установці молока. Математична модель, що описує даний об'єкт, може бути представлена у вигляді наступної системи звичайних диференціальних рівнянь у відхиленнях реального стану об'єкта від бажаного [5]

$$\begin{cases} \frac{dt_{zg}}{d\tau} = -0,0136t_{zg} + 0,676G_n + 0,0136t_{xg}, \\ \frac{dt_{mn}}{d\tau} = -0,0123t_{mn} + 0,0066t_{mp} - 0,0414G_m + 0,0056t_{xg}, \\ \frac{dt_{xg}}{d\tau} = -0,0055t_{xg} - 0,0092t_{zg} + 0,0027t_{mp} - 0,00355G_m, \\ \frac{dt_{mp}}{d\tau} = -0,0068t_{zg} + 0,0054t_{mn} - 0,0169G_m, \end{cases} \quad (15)$$

де t_{zg} , t_{xg} — температура гарячої та холодної води, t_{mn} , t_{mp} — температура пастеризації та рекуперації молока, G_n , G_m — витрата пари та молока відповідно, τ — часова координата (час). Це лінеаризована система в околі регламентного заданого стану, тому всі технологічні параметри тут представлені у відхиленнях реального стану об'єкта від регламентного бажаного стану. Керуванням тут є витрати пари G_n та молока G_m .

Введемо наступні позначення

$$x_1 = t_{zg}, \quad x_2 = t_{mn}, \quad x_3 = t_{xg}, \quad x_4 = t_{mp}, \quad u_1 = G_n, \quad u_2 = G_m.$$

Вектор $x = (x_1, x_2, x_3, x_4)^T$ — це вектор стану, який описує температурні параметри об'єкта, $u = (u_1, u_2)^T$ — вектор керування, пов'язаний з витратами G_n і G_m . Тоді систему (15) можна представити у векторно-матричному вигляді

$$\frac{dx(\tau)}{d\tau} = Ax(\tau) + Bu(\tau), \quad (16)$$

де

$$A = \begin{pmatrix} -0,0136 & 0,0000 & 0,0136 & 0,0000 \\ 0,0056 & -0,0123 & 0,0000 & 0,0066 \\ -0,0092 & 0,0000 & -0,0055 & 0,0027 \\ -0,0068 & 0,0054 & 0,0000 & 0,0000 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0,6760 & 0,0000 \\ 0,0000 & -0,0414 \\ 0,0000 & -0,00355 \\ 0,0000 & -0,0169 \end{pmatrix}.$$

Дискретизуємо систему (16). Для цього часовий інтервал $[t_0, T]$, на якому розглядається система (16) проквантуємо з періодом h , де $h = (T - t_0) / N$, N — кількість періодів квантування. Використовуючи фундаментальну матрицю лінійної системи, представимо розв'язок системи (16), у вигляді

$$x(\tau) = \Phi(\tau, \tau_0)x^0 + \int_{\tau_0}^{\tau} \Phi(\tau, t)Bu(t)dt, \quad (17)$$

де $\Phi(\tau, t) = e^{A(\tau-t)}$ — фундаментальна матриця, $x(\tau_0) = x^0$ — вектор початкового стану об'єкта, $u(t)$ — вектор керування на часовому інтервалі $[t_0, T]$. Враховуючи, що остання формула справедлива для довільного τ_0 , підставимо в (17) замість τ_0 — значення τ_i , а замість τ — значення τ_{i+1} , де τ_i, τ_{i+1} — послідовні дискретні моменти часу. Тоді одержимо

$$x(\tau_{i+1}) = \Phi(\tau_{i+1}, \tau_i)x(\tau_i) + \int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} \Phi(\tau_{i+1}, t)Bu(t)dt. \quad (18)$$

Припустимо, що на відрізку $[\tau_i, \tau_{i+1}]$ керування $u(\tau)$ апроксимується кусково постійною функцією, тобто $u(\tau) = u(\tau_i) = u_i$, $\tau \in [\tau_i, \tau_{i+1}]$. Тоді, враховуючи справедливості наступної формули інтегрування матричної експоненти

$$\int_{\tau_i}^{\tau_{i+1}} e^{-At} dt = (e^{-A\tau_i} - e^{-A\tau_{i+1}})A^{-1},$$

рівняння (18) можна записати так

$$x_{i+1} = \bar{A}x_i + \bar{B}u_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, N-1, \quad (19)$$

де $x_i = x(\tau_i)$, $\bar{A} = e^{A\Delta}$, $\bar{B} = (e^{A\Delta} - E)A^{-1}B$, E — одинична матриця.

Таким чином одержали дискретну математичну модель пластинчатої пастеризаційно-охолоджувальної установки молока у вигляді рекурентного рівняння (19). Оптимальне керування цією установкою обчислювалось у вигляді матричного регулятора виду $u_i = R_i x_i$ у відповідності до критерію (3), в якому вагові матриці P_i, D_i, P_N вибирались одиничними. Числова реалізація синтезованого дискретного матричного керування виконувалась за допомогою математичного пакету MatLab. Нижче наведені деякі результати обчислювальних експериментів, що проводились при наступних даних: період квантування $h = 20$, кількість періодів квантування $N = 30$, ваговий множник $\lambda = 1$.

На рис. 1 наведені графіки оптимальних керувань у вигляді витрати пари ($G_{n,k} = u_{1,k}$) та молока ($G_{m,k} = u_{2,k}$), а на рис. 2 — графіки перехідних процесів температурних параметрів об'єкта, що відповідають оптимальним керуванням. З графіків видно, що перехідні процеси затухають досить швидко, причому за невелику кількість дискретних відліків.

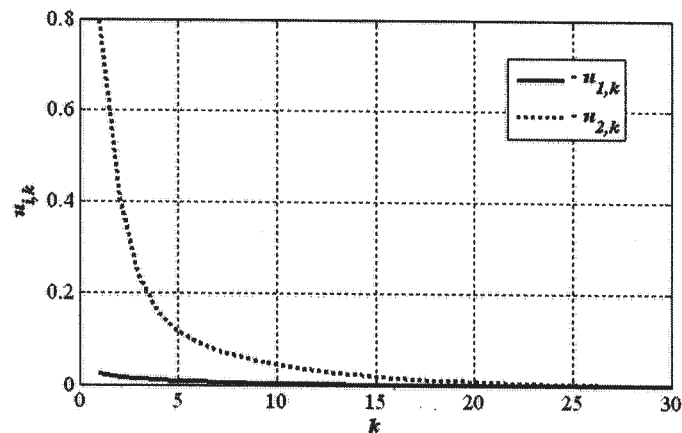


Рис. 1. Графіки оптимальних керувань витратою пари та молока

Мінімальне значення критерію (3) при цьому дорівнює $I_{\min} = 8,9032$.

На наступних рисунках наведені результати досліджень залежності значення функціоналу (квадратичного критерію якості)

$$I(u) = \sum_{i=0}^{N-1} \lambda^{2i} (\alpha x_i^T x_i + \beta u_i^T u_i) + \lambda^{2N} x_N^T x_N \quad (20)$$

від величини періоду квантування h (рис. 3), від вагового множника λ (рис. 4) та від вагових множників $\alpha, \beta > 0$ (рис. 5, 6).

З рис. 3 видно, що зі збільшенням періоду квантування h значення критерію (20) монотонно зменшується, прямує після $h = 120$ до деякого постійного значення, яке критерій має при неперервному (недискретному) керуванні.

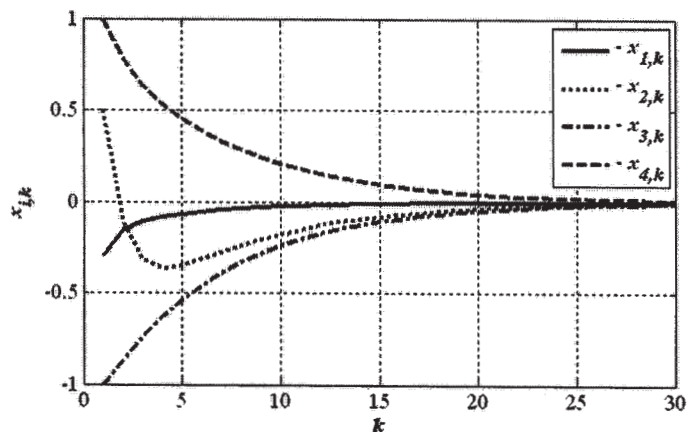
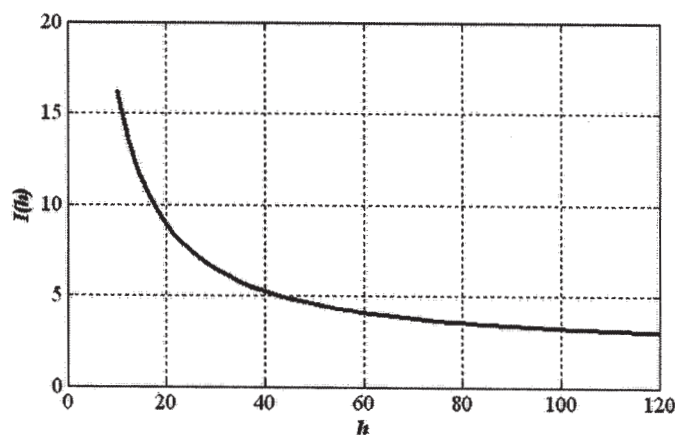


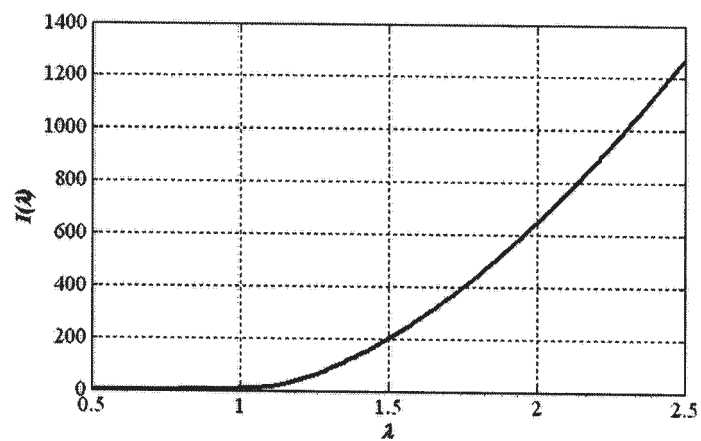
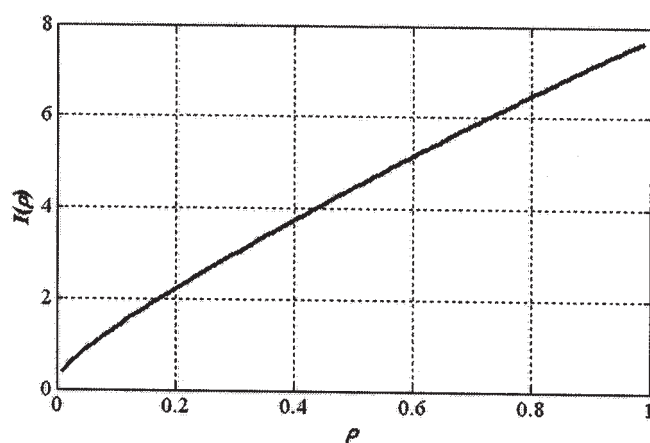
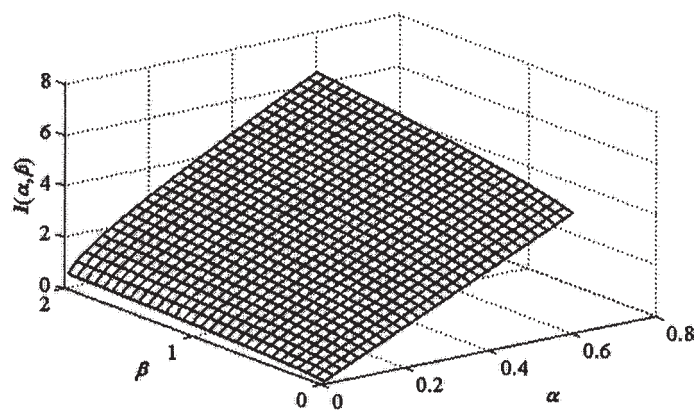
Рис. 2. Графіки перехідних процесів температурних параметрів об'єкта

Рис. 3. Графік залежності значення функціоналу (20) від періоду квантування h

Аналіз рис. 4 показує що при $\lambda > 1$ значення критерію (20) стрімко зростає, прямуючи до нескінченності, тобто $\lim_{\lambda \rightarrow \infty} J(\lambda) = \infty$. Очевидно, що для побудови оптимальних регуляторів з якісними перехідними процесами, параметр λ доцільно вибирати з діапазону $0.5 < \lambda < 1.5$, де забезпечуються жорсткі вимоги до якості перехідних процесів згідно з критерієм якості керування.

Графічна залежність, що представлена на рис. 5 показує, що критерій (20), з ваговими множниками $\alpha = \rho$, $\beta = 1 - \rho$, де ρ — параметр з діапазону $0 < \rho < 1$, змінюється майже за лінійним законом.

Графік на рис. 6 показує незначне збільшення значення критерію (20) відносно параметра β і суттєве збільшення критерію відносно параметра α . Враховуючи велику чутливість цього критерію до параметра α , який є множником при координатах вектора стану об'єкта, при конструюванні дискретних матричних оптимальних регуляторів доцільно зосередити основну увагу саме на цьому ваговому множникові. Множник β при цьому можна зафіксувати, поклавши наприклад, $\beta = 1$.

Рис. 4. Залежність критерію (20) від вагового параметра λ Рис. 5. Графік критерію (20) від вагового параметра ρ Рис. 6. Залежність критерію (20) від двох вагових параметрів α та β

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Висновок. Результати обчислювальних експериментів по керуванню пластинчатою пастеризаційно-охолоджувальною установкою показали високу ефективність одержаного оптимального дискретного керування. Перехідні процеси згасають досить швидко за невелику кількість тактів (періодів квантування), причому якість перехідних процесів суттєво залежить від значень вагових коефіцієнтів критерію. Отже, обґрунтований вибір цих вагових коефіцієнтів з метою одержання більш якісних перехідних процесів стану об'єкта є окремою задачею, що потребує додаткових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Острем К., Виттенмарк Б.* Системы управления с ЭВМ. — М.: Мир, 1987. — 480 с.
2. *Стрейц В.* Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления. М.: Наука, 1985. — 296 с.
3. *Сейдж Э.П., Уайт Ч.С.* Оптимальное управление системами. — М.: Радио и связь, 1982. — 392 с.
4. *Магнус Я.Р., Нейдеккер Х.* Матричное дифференциальное исчисление с приложениями к статистике и эконометрике. — М.: Физматлит, 2002. — 496 с.
5. *Луцька Н.М.* Керованість та спостережуваність технологічних об'єктів управління // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2010. — № 1/5 (43). — С. 4—7.

Одержана редколегією 10.06.10 р.

УДК 663.543

З.М. РОМАНОВА, канд. техн. наук,
В.С. ЗУБЧЕНКО, канд. фіз.-мат. наук.
В.В. СТАСЮК, магістрант
Національний університет харчових технологій

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖУВАННЯ СУСЛА МАГНІТНИМИ ПОЛЯМИ

Проведено оброблення дослідних зразків пивного сусла з дріжджами впродовж 10 хвилин магнітним полем перед початком та під час бродіння. Оптимальний час обробки магнітним полем 20 кА/м впродовж 10 хв.

Ключові слова: пивне сусло, магнітне поле, дріжджі, сухі речовини, ферменти.

Проведена обработка опытных образцов пивного сусла с дрожжами на протяжении 10 минут магнитным полем перед началом и во время брожения. Оптимальное время обработки магнитным полем 20 кА/м на протяжении 10 мин.

Ключевые слова: пивное сусло, магнитное поле, дрожжи, сухие вещества, ферменты.

Treatment of pre-production models of beer is conducted with yeasts during 10 minutes by the magnetic field before the beginning and during fermentation. Optimum process of treatment by the magnetic field 20 kA/T during 10 min.

Key words: beer, magnetic field, yeasts, dry matters, enzymes.

Виробництво пива — досить тривалий біотехнологічний процес. Він, наразі, є досить консервативним. Найтривалішими процесами та найголовнішими — є процеси отримання сусла, зброджування сусла пивними расами дріжджів і доброджування молодого пива.

За останні роки відбулися значні зміни технології виробництва пива.

Великого поширення набули різноманітні способи зокрема, що інтенсифікують процеси бродіння, доброджування і дозрівання готового пива, наприклад, — модифікація традиційних технологій (аерація сусла, аерація дріжджів, іммобілізація дріжджів, рециркуляція сусла і ін.), використання хімічних чинників активації дріжджів (ферментів, вітамінів, мікроелементів), застосування фізичних методів активації дріжджів (дія ультразвуком, лазерне випромінювання, високочастотна обробка, фотоактивація і ін.).

Чисельні дослідження показали, що всі ці способи дозволяють інтенсифікувати технологічний процес, поліпшити якість пива і вихід кінцевого продукту.

Ціль роботи — дослідження інтенсифікації зброджування сусла шляхом оброблення його разом з дріжджами постійним магнітним полем (МП) протягом певного періоду.

Схожі дослідження, а саме обробка постійним МП, були проведені на хлібопекарських дріжджах і досягнуті позитивні результати.

У нашому випадку для дослідів були вибрані пивоварні дріжджі виду *Saccharomyces Carlsbergensis* (взяті з «Пивзаводу на Подолі») та охмелене сусло з початковою масовою часткою сухих речовин 11 %. Тривалість перебування сусла у постійному магнітному полі з дріжджами змінювали від 1 до 15 хвилин. Контролем було сусло з дріжджами, яке не піддавалося обробленню МП. Дослідні зразки і контроль були поставлені на бродіння при температурі 15—20 °С.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Разове оброблення дослідних зразків перед початком бродіння у проміжку часу до 11 хвилин не дало особливого прискорення процесу бродіння і показники бродіння (тобто вміст сухих речовин у зброджуваному суслі) в оброблених зразках майже співпадають з контролем.

Разове оброблення постійним магнітним полем дослідних зразків впродовж 12—15 хвилин дало очікуваний ефект та відбулася активація дріжджів, що демонструє рис. 1 та таблиця 1. Процес бродіння при цьому скоротився на 2—4 доби.

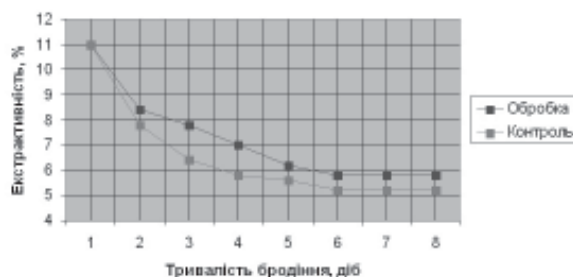


Рис. 1. Разове оброблення постійним магнітним полем зразків

Примітка: Оброблення суслу з дріжджами впродовж 7 хвилин не активізує дріжджі, а гальмує і якщо присутні бактерії то активізує їх.

Таблиця 1. Залежність вмісту сухих речовин від тривалості бродіння при обробленні суслу магнітним полем впродовж 5—15 хвилин відповідно

Тривалість обробки магнітним полем, хвилин	Вміст сухих речовин у суслі, % залежно від доби							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Обробка 7 хв.	11		8,00	7,00	8,4	5,8	5,8	5,8
Контроль	11	7,8	6,4	5,8	5,6	5,2	5,2	5,2
Обробка 9 хв.	11	7,6	6,8	6	5,4	5,2	5,2	5
Обробка 10 хв.	11	7,6	6,6	5,8	5,4	5,2	5,2	
Обробка 11 хв.	11	7,4	6,8	6,2	5,8	5,4	5,2	
Контроль	11	7,8	6,4	5,8	5,6	5,2	5,2	5,2
Обробка 12 хв.	11	7	6,4	6	5,6	5,2	5	
Обробка 13 хв.	11	6,8	6,2	5,6	5,6	5	4,8	
Обробка 14 хв.	11	6	5,6	5	4,8	4,6	4,6	
Контроль	11	7,8	6,4	5,8	5,6	5,2	5,2	5,2
Обробка 3 доби по 10 хв.	11	7	6	5,6	5,2	5	4,8	

Цікавим було виявлення ефекту активації дріжджів при обробленні постійним магнітним полем системно впродовж трьох діб тривалістю 10 хвилин. Це скоротило процес зброджування суслу на 3 доби.

Разове оброблення суслу з дріжджами перед бродінням постійним магнітним полем впродовж 1—7 хвилин не дало збільшення бродильної активності, навіть виявлений ефект гальмування процесу метаболізму дріжджів та активування бактерій. Виявлений ефект потребує подальших досліджень.

Наступна генерація дріжджів після оброблення МП була поставлена на бродіння (без оброблення постійним МП під час бродіння). Показники процесу бродіння співпадали з контролем.

Закінчення бродіння приходить на певну добу що видно з таблиці 2 та.

Разове оброблення дослідних зразків перед початком бродіння впродовж 10 хвилин не дало особливого прискорення процесу бродіння і показники бродіння (тобто вміст сухих речовин у зброджуваному суслі) в оброблених зразках майже співпадають з контролем.

Таблиця 2. Залежність тривалості бродіння від тривалості оброблення магнітним полем

Тривалість оброблення, хвилин	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тривалість бродіння, діб	9	9	9	8	7	7	6	5,5	5,5	5	3

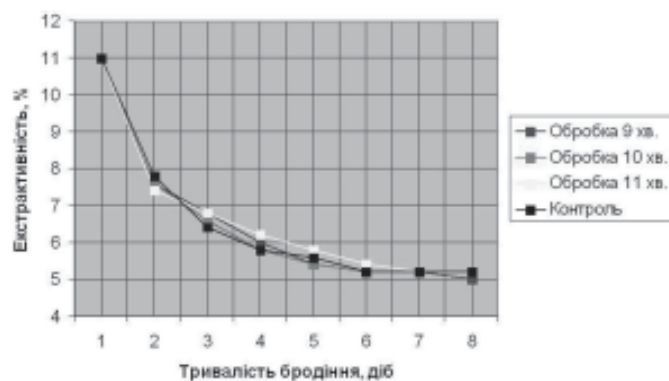


Рис. 2. Залежність тривалості бродіння від тривалості оброблення дослідних зразків постійним магнітним полем

Разове оброблення постійним магнітним полем дослідних зразків впродовж 15 хвилин (рис. 3) дало очікуваний ефект та відбулася інтенсифікація дріжджів. Процес бродіння при цьому скоротився на 3,5 доби.

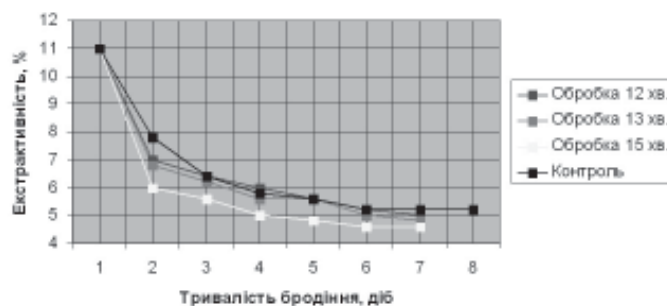


Рис. 3. Разове оброблення постійним магнітним полем дослідних зразків впродовж 15 хвилин

Фізико-хімічні показники пива відображені в таблиці 3. Як видно з таблиці вони майже не відрізняються від контролю.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники пива

Назва показника	Оброблення магнітним полем 15 хв.		
	Контроль	Напруженість	
		20 кА/м	15 кА/м
Масова частка СР в початковому суслі, %	11	11	11
Вміст спирту, % об	3,4	3,56	3,5
% мас	2,8	2,95	2,9
Видимий екстракт, %	3,75	3,55	4,0
Дійсний екстракт, %	4,5	4,2	4,7

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Закінчення табл. 3

Назва показника	Оброблення магнітним полем 15 хв.		
	Контроль	Напруженість	
		20 кА/м	15 кА/м
Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³	2,9	2,95	3,0
Колірність, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ води	0,8	0,79	0,82
Ступінь зброджування, %	59,1	61,8	57,3

Подальші дослідження планується проводити у напрямку зміни напруженості постійного магнітного поля (в діапазоні 2...5 А/м), яким діють на зразки суслу з дріжджами та визначення кількості генерацій дріжджів для бродіння при обробленні кожної генерації постійним магнітним полем.

Висновки. Дослідженнями доведено доцільність активування зразків суслу з дріжджами постійним магнітним полем. Практичні результати будуть досягненні при обробленні магнітним полем зразків дріжджів безпосередньо під час бродіння. Найкращими результатами є напруженість магнітного поля (МП) 2 А/м, контакт впродовж 15 хвилин. Це скорочує тривалість бродіння на 3—4 доби. Дослідження показали, що в реальному технологічному процесі нема необхідності опромінювати електромагнітними опроміненнями великі (багатотоннажні) об'єми суспензії, а достатньо провести вплив на порівняно малому об'ємі (приблизно 8—10 л), а опромінену суспензію потім використовують в технологічному процесі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Романова З.М., Ткаченко Л.В., Маринченко Л.В., Зубченко В.С. Дослідження впливу магнітного поля на активність концентрованих ферментних препаратів. / Харчова і переробна промисловість, 2005, № 5. — с. 24—26.
2. Романова З.М., Зубченко В.С., Ткаченко Л.В., Маринченко Л.В. Вплив магнітного поля на активність ферментних препаратів. / Харчова промисловість, 2005, №4. — с. 129—130.
3. Калунянц К.А. Химия солода и пива. — М.: Агропромиздат, 1990. — 176 с.
4. Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива: Пер. с нем. — СПб.: «Изд-во», 2003. — 912 с.

Одержано редколегією 15.09.2010 р.

В.С. ГУЦЬ, д-р. техн. наук, проф.

Н.В. ВОЛОДЧЕНКОВА

Національний університет харчових технологій

П.О. ФЕСЯНОВ

Державна академія при президенті України

БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОСУДИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПІД ТИСКОМ

Наведено причини руйнування посудин, що працюють під тиском та способи попередження цього явища. Розроблено методiku розрахунку запобіжного клапана і мембрани при різних режимах зміни тиску.

Ключові слова: посудини, що працюють під тиском, вибухи на виробництві, руйнування посудин, запобіжні клапани, запобіжні мембрани, захист від руйнування.

Приведены причины разрушения сосудов, которые работают под давлением и способы предупреждения этого явления. Разработана методика расчета предохранительного клапана и мембраны при разных режимах изменения давления.

Ключевые слова: сосуды, которые работают под давлением, взрывы на производстве, разрушения сосудов, предохранительные клапаны, предохранительные мембраны, защита, от разрушения.

Reasons of destruction of vessels which work force-feed and methods of warning of this phenomenon are resulted. The method of calculation of safety-valve and membrane is developed at the different modes of change of pressure.

Keywords: vessels which work force-feed, explosions on a production, destructions of vessels, safety-valves, preventive membranes, defence, from destruction.

У промисловому виробництві та побуті широко експлуатуються апарати, посудини та комунікації, що працюють під тиском. Використання посудин, що працюють під тиском, з погляду їхньої безпечної експлуатації, вимагає інженерного рішення комплексу заходів охорони праці.

Аналітичні дослідження показали, що в сучасній технічній літературі не розглядаються математичні моделі на базі рівнянь другого порядку, які дають можливість визначити швидкість реагування запобіжного пристрою при зміні тиску в посудині та інженерні розрахунки режимів реагування захисних пристроїв посудин, що працюють під тиском.

Метою проведеної роботи є розробка методу інженерного розрахунку запобіжних пристроїв: мембран та клапанів, використовуючи сучасні комп'ютерні технології у розв'язанні диференціальних рівнянь другого порядку.

Конструкція посудин повинна бути надійною; забезпечувати безпеку при експлуатації і передбачати можливість огляду, очищення, промивання, і ремонту.

Тому застосування посудин і апаратів, що працюють під тиском, висуває на перший план задачу створення здорових і безпечних умов праці з одночасним рішенням питань профілактики виробничого травматизму. У ряді випадків розгерметизація посудин не тільки небажана з технічної точки зору, але і небезпечна для обслуговуючого персоналу і виробництва в цілому. Тому метою роботи є визначення можливості забезпечення безпечних умов праці, що може бути досягнуто шляхом дослідження конструкцій захисних пристроїв, встановлення їх характеристик при різних умовах навантаження.

При розгерметизації посудин, що працюють під тиском, з'являється небезпека фізичного або хімічного вибуху. При атмосферному тиску вода кипить при 100 °C в відкритій посудині. У

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

закритій посудині, наприклад, у паровому котлі, вона закипає при 100 °С, але пара, що утвориться при цьому, тисне на поверхню води і кипіння припиняється.

Підраховано, що енергія, яка утримується в 60 кг перегрітої води, яка знаходиться в котлі під тиском $5 \cdot 10^5$ Па, еквівалентна енергії вибуху 1 кг пороху. Теплової енергії води в циліндричному котлі, нагрітої до температури близько 170° С цілком достатньо, щоб підкинути його на висоту декілька метрів або вибухнути.

Причинами порушення цілісності стінок котла, що призводить до механічного руйнування і вибуху є такі:

1) надмірне перевищення розрахункового (критичного) тиску, що збільшує навантаження на конструкції. Це може відбутися при псуванні запобіжних пристроїв;

2) зниження рівня води в системі до критичного, коли стінки перестають охолоджуватись водою і перегріваються. Має місце при пошкодженні засобів автоматичного контролю водопостачання.

3) недоліки конструкції і неякісне виготовлення, наприклад, невідповідність матеріалу, дефекти зварювання або з'єднання елементів;

4) понад регламентований термін експлуатації і ослаблення конструкції в результаті корозії;

5) порушення технічних вимог експлуатації і низька кваліфікація обслуговуючого персоналу.

На водогрійні котли поширюються ті ж вимоги безпеки, що і на парові.

На підприємствах харчової промисловості використовують також повітряні компресори. Вони теж становлять небезпеку у відношенні вибуху. Вибух може відбутися внаслідок можливого утворення вибухонебезпечних сумішей із продуктів розкладання мастил і кисню повітря. Розкладання мастил відбувається під впливом високих температур, що утворюються при стисканні повітря або іншого газу без охолодження компресора.

При експлуатації повітряних поршневих компресорів і повітряозбірників можливі вибухи по причинах: перегрівання стінок компресорів; загоряння і вибух парів, мастил; перевищення тиску, що допускається; засмоктуванням забрудненого пилом або паливними газами повітря; несправністю приладів безпеки.

У харчовому виробництві вибухонебезпечними є також автоклави. Працюють ці посудини в основному під тиском пари і призначені для реалізації різних технологічних процесів, швидкого приготування їжі, консервування, стерилізації, що протікають у різних середовищах із широким діапазоном робочих параметрів.

Використовують різні конструкції автоклавів. У деяких конструкції автоклавів з швидко-з'ємними кришками не передбачені необхідні заходи для забезпечення безпеки обслуговування. Робітники з різних причин (несправність контрольно-вимірювальних приладів, запірних пристроїв, пропускної або дренажної ліній, неуважності і непрофесійності дій персоналу) порушуючи виробничі інструкції відкривають кришку при наявності тиску або випускають пару з автоклава при незакритій або незакріпленій кришці. Це приводить до її відриву та аваріям з важкими наслідками травмування обслуговуючого персоналу.

Також одним із видів посудин, що працюють під тиском є експлуатація балонів з побутовим газом, киснем, ацетиленом для газового різання і зварювання.

Вибухи балонів у всіх випадках становлять небезпеку незалежно від того, який газ у них знаходиться. Причинами вибухів можуть бути удари (падіння), підвищення температур від нагрівання сонячними променями або опалювальними приладами, переповнення балонів зрідженими газами. Вибухи кисневих балонів відбуваються при потрапленні мастильних матеріалів і інших жирних речовин у внутрішню частину вентиля і балона, а також при нагромадженні в них іржі (окаліни). У зв'язку з цим кисневі балони перед їхнім наповненням промивають розчинниками (дихлоретаном, трихлоретаном).

Вибухи балонів можуть відбуватися і при помилковому заповненні балонів іншим не призначеним для нього газом, наприклад, кисневого балона паливним газом. Тому введено чітке маркування, при якому всі балони фарбують у різні кольори, і роблять напис. Так, наприклад, кисневі балони фарбують блакитною фарбою, а напис «Кисень» пишуть чорною фарбою. Ацетиленові балони фарбують білою фарбою, а напис пишуть червоною і т. п.

Основними причинами аварій стаціонарних ємностей (водонапірні башти, ресивери та інші системи), що знаходяться під тиском, є неправильне їх виготовлення, порушення технологічного режиму і правил експлуатації, несправність арматури і приладів, корозійне руйнування та різні види ушкоджень.

Вибухи супроводжуються руйнуванням будівельних конструкцій, устаткування, кріплення і можуть бути безпосередньо причиною виробничих травм у виді опіків, ушкоджень вибуховою хвилею, осколками корпусів, що руйнуються і т.п. У більшості випадків вибухи призводять до важких наслідків.

Безпека роботи посудин під тиском досягається правильним розрахунком корпусів на статичні і динамічні навантаження, застосуванням доброякісних матеріалів для їхнього виготовлення, правильною обробкою матеріалів і належним конструктивним оформленням посудин і, нарешті, створенням нормальних умов експлуатації.

Аналітичні дослідження причин вибухів парових котлів, повітрязбірників, компресорних установок, автоклавів і балонів показує, що значна їх частина відбулася через перевищення розрахункових тисків, що допускаються та відмови захисних пристроїв насамперед запобіжних клапанів. Виходячи з цього у роботі вирішувалися питання побудови моделі, яка дозволяє зробити розрахунок інерційності запобіжних пристроїв.

Випускний перетин запобіжних клапанів підбирають з розрахунку можливого випуску всієї надлишкової пари або газу. Пропускна спроможність знаходять з рівняння:

$$Q = \mu S p \sqrt{\left(\frac{g M k}{R T} \right) \left[\frac{1+k}{2} \right]^{k-1}}, \quad (1)$$

де Q — пропускна спроможність (продуктивність клапана), кг/год; μ — коефіцієнт витікання (для круглих отворів $\mu = 0,85$); S — площа перетину клапана, см²; p — тиск під клапаном, Па; $g = 9,81$ м/с²; k — відношення теплоємностей C_p/C_v при постійному тиску і постійному об'ємі; M — молекулярна маса парів або газів; R — газова постійна; T — абсолютна температура.

Підставляючи в приведену формулу значення μ , g , R і середню величину для k , одержимо:

$$Q = p \cdot 216 S \sqrt{M/T}, \quad (2)$$

звідси площа перетину клапана, см²:

$$S = Q / 216 p \sqrt{M/T} \quad (3)$$

Ця формула є універсальною для всіх пар і газів. Правила безпеки вимагають установи на кожному котлі не менш двох запобіжних клапанів однакового розміру.

Запобіжні клапани розділяються: 1) за видом — на важільно-вантажні і пружинні; 2) конструкцією корпусу — на відкриті і закриті; 3) за способом розміщення — на одинарні і здвоєні; 4) за підйомом — на низькопідйомні і повнопідйомні.

Схема найбільш розповсюдженого підйомного клапана показана на рис.1

Гарантоване підняття пружинного клапана буде забезпечено, коли тиск у посудині досягне граничного.

Принцип роботи захисного клапана наступний. Під дією тиску $Q(t)$ шток рухається, долаючи опір тертя, пружини та вагу ($m_1 + m_2$). Коли кінець штоку досягне розвантажувального отвору, відбудеться скидання тиску. При досягненні його допустимого значення шток повернеться у початковий стан перекривши розвантажувальний опір. Для розрахунку режимів руху клапана запропоноване наступне диференціальне рівняння

$$P_{tr} + P_{pr} + (m_1 + m_2)g = P(t), \quad (4)$$

де P_{tr} — зусилля опору тертя; P_{pr} — зусилля опору пружини; $P(t)$ — зусилля, яке діє на шток.

Перепишемо рівняння (4), врахувавши силу тертя $P_{tr} = K_{tr} + \mu \frac{d}{dt} x(t)$ і силу опору пружини $P_{pr} = cx(t)$. В разі, коли тиск $Q(t)$ у котлі змінюється за лінійним законом, маємо зусилля $P(t) = P_0 + at$;

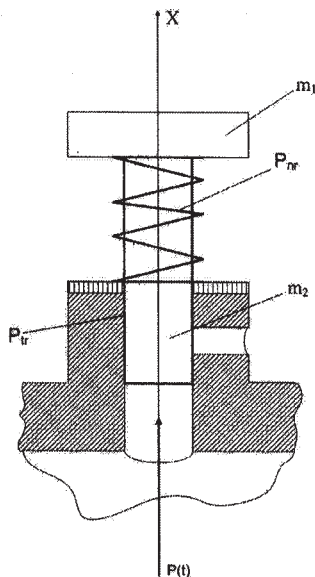


Рис. 1. Захисний клапан

$$K_{tr} + \mu \frac{d}{dt} x(t) + cx(t) + (m_1 + m_2)g = P_0 + a_f t. \quad (5)$$

Розв'язок рівняння (5) у загальному виді [2]

$$x(t) = \frac{1}{c} (P_0 - gm_1 - gm_2 - K_{tr} + a_f t) - \frac{1}{c^2} a_f \mu + e^{-\frac{ct}{\mu}} C_1 \quad (6)$$

Сталу інтегрування C_1 знаходимо, врахувавши початкові умови $t=0 \Rightarrow x(0)=0$ — початкове зміщення x відсутнє. Тоді:

$$x(t) = \frac{1}{c} (P_0 - gm_1 - gm_2 - K_{tr} + a_f t) (1 - e^{-\frac{ct}{\mu}}) \quad (7)$$

Після диференціювання рівняння (7) отримаємо швидкість руху штока запобіжного клапана

$$\frac{d}{dt} x(t) = \frac{1}{\mu} e^{-\frac{ct}{\mu}} (gm_1 + gm_2 + K_{tr} + \frac{a_f \mu}{c} - P_0) - \frac{a_f}{c} \quad (8)$$

У разі, коли тиск у посудині зростає практично миттєво і стає $P_{кр}$, тоді розв'язок диференціального рівняння руху штока запобіжного клапана ($P(t)=P_{кр}$) буде:

$$x(t) = \frac{P_{кр} - K_{tr} + e^{-\left(\frac{ct}{\mu}\right)} (gm_1 + gm_2 + K_{tr}) - (m_1 + m_2)g}{c} \quad (9)$$

Виконавши диференціювання рівняння (9) знайдемо швидкість реагування (спрацювання) запобіжного клапана

$$\frac{d}{dt} x(t) = \frac{e^{-\left(\frac{ct}{\mu}\right)} (gm_1 + gm_2 + K_{tr} - P_{кр})}{\mu} \quad (10)$$

Враховуючи, що $P_{кр}$ значно більше ніж P_0 і коефіцієнт c значно більше одиниці розрахункова швидкість реагування запобіжного клапана визначене з рівняння (10) значно менше ніж за рівняння (8). Це можна привести до вибуху та руйнуванню конструкції.

У реальних умовах експлуатації технологічного обладнання маємо умови, коли у відповідності з технологічним регламентом тиск у ємності різний, що призводить до того, що шток запобіжного клапана має початкове x_0 .

Тоді розв'язок рівняння (4) для $P(t)=P_{кр}$ буде

$$x(t) = e^{\left(\frac{-ct}{\mu}\right)} \left(x_0 + \frac{gm_1 + gm_2 + K_{tr} - P_{кр}}{c} \right) - \frac{gm_1 + gm_2 + K_{tr} - P_{кр}}{c} \quad (11)$$

Виконавши диференціювання рівняння (11) отримаємо швидкість руху штока запобіжного клапана

$$\frac{d}{dt} x(t) = -\frac{e^{\left(\frac{-ct}{\mu}\right)} (x_0 c - P_{кр} + gm_1 + gm_2 + K_{tr})}{\mu} \quad (12)$$

Рівняння (11), (12) необхідні для автоматизованого контролю тиску у системах з запобіжними клапанами.

Отримані рівняння дають можливість розрахувати зміщення x штока захисного клапана, швидкість зміщення, час спрацьовування захисного пристрою. Вони свідчать, що істотним недоліком запобіжних клапанів є їх інерційність, тобто потрібно якийсь час, щоб клапан прийшов у дію. Запобіжні клапани розраховані головним чином на поступове підвищення тиску в апараті, у граничному випадку — миттєвого підвищення тиску, посудини й апарати обладнають спеціальними захисними пристроями — запобіжними (розривними) мембранами, що руйнуються при підвищенні тиску тим самим запобігають вибуху і руйнуванню апарата.

З численних прикладів застосування запобіжних мембран для захисту технологічного устаткування можна виділити наступні:

запобіжні мембрани в якості самостійних запобіжних пристроїв (при швидкому наростанні тиску);

одночасна установка запобіжних клапанів і мембран (клапан спрацьовує при звичайному досить повільному підвищенні тиску, мембрана, будучи допоміжним або додатковим пристроєм, спрацьовує в аварійній ситуації при швидкому підвищенні тиску);

установка мембран перед запобіжними клапанами (захист деталей клапанів від корозії, підвищення герметичності);

установка мембран у сполученні з іншими пристроями (вибухові люки, вогнеогороджувачі, відсікачі, гідрозатвори і т.д.).

Конструкції мембранних запобіжних пристроїв виготовляють з різних матеріалів: чавун, скло, графіт, сталь, алюміній, бронза і багато інших. Вибір типу і матеріалу мембрани залежить від умов експлуатації посудин і апаратів, на яких вони встановлені: тиску, температури, фазового стану й агресивності середовища, швидкості наростання тиску, часу скидання надлишкового тиску й інших факторів. Основним є забезпечення достатньої пропускної здатності мембранного пристрою, коли в посудині, тиск досягає максимально припустимого значення. Мембрана при цьому повинна зруйнуватися і звільнити прохідний перетин для випуску середовища зі швидкістю, не меншій швидкості збільшення тиску в апараті.

Для забезпечення запобіжної здатності мембрани потрібно визначити товщину пластин мембрани встановити зв'язок з тиском, що руйнує її. Розрахунок пропускної здатності мембранних запобіжних пристроїв у випадку поступового підвищення тиску (кг/с):

$$Q = 220Sp\sqrt{M/T}, \quad (13)$$

де S — робочий (прохідний) перетин, см²; p — абсолютний тиск перед запобіжним пристроєм, 10⁻¹ МПа; M — молекулярна маса газів або парів, що проходять через пристрій; T — абсолютна температура газів або пар, К.

Необхідна товщина ламкої робочої частини мембрани, мм:

$$b = p_d k / 4[\sigma_p], \quad (14)$$

де p , — тиск, при якому повинна зруйнуватися пластинка, Па; d — робочий діаметр пластини, см; k — масштабний коефіцієнт, визначається досвідченим шляхом ($k = 0,32$ для відношення $d/b = 10 \dots 15$); $[\sigma_p]$ — межа міцності на зріз, Па.

Мембрани з тендітних матеріалів:

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

$$b = 0.11r\sqrt{\rho/[\sigma_{U3}]}, \quad (15)$$

де r — радіус пластини, мм; $[\sigma_{U3}]$ — межа міцності на вигин, Па.

Виготовлені з однорідного матеріалу мембрани піддають, вибірковому іспитові, за результатами якого визначають них, придатність.

У випадку скидання токсичних і вибухонебезпечних продуктів клапани, мембрани й інші захисні пристрої обладнують спеціальними відводами для викидів газів і парів в атмосферу або в аварійні ємності.

Критичне навантаження $R_{кр}$, при якому відбувається руйнування мембрани розраховують з рівняння кінетики його зростання (рис. 2)

$$R_{кр} = \frac{dP}{dt} t_{кр} \quad (16)$$

Зусилля, яке виникає під дією тиску у ємності може змінюватись за законом

$P_1(t) = P_0 + at$ — прямо пропорційна залежність (лінійна залежність)

$P_2(t) = P_0 + ae^{at}$ — за законом експоненти (нелінійна залежність)

$P_3(t) = P_0 + at^b$ — степенева залежність (нелінійна залежність)

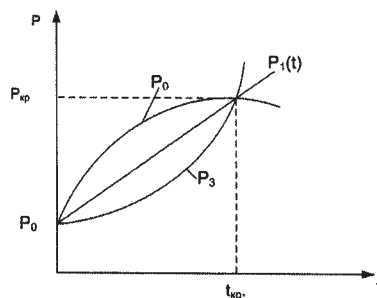


Рис. 2. Критичні криві зміни зусилля руйнування мембрани

Враховавши можливий вид кривої зростання зусилля знайдемо тривалість $t_{кр}$, коли відбудеться руйнування мембрани

$$P_1(t) = P_0 + at \Rightarrow \frac{dP_1}{dt} = a \Rightarrow t_{кр} = \frac{P_{кр}}{a} \quad (17)$$

$$P_2(t) = P_0 + ae^{at} \Rightarrow \frac{dP_2}{dt} = a e^{at} \Rightarrow t_{кр} = \frac{P_{кр} e^{-at}}{a} \quad (18)$$

$$P_3(t) = P_0 + at^b \Rightarrow \frac{dP_3}{dt} = abt^{b-1} \Rightarrow t_{кр} = \frac{P_{кр} t^{1-b}}{ab} \quad (19)$$

Висновки. Аналіз проведеної роботи та розрахунків дають можливість розрахувати час спрацювання мембранного захисного пристрою, визначити інерційність конструкції, і тим самим підібрати необхідну за розмірами і формою мембрану. Для визначення цих параметрів доцільно виконувати розрахунки при умовах, які забезпечують оптимальні параметри роботи захисних пристроїв. Використані в роботі комп'ютерні методи розрахунку дозволяють це зробити більш ефективно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко А.В., Гаркуша А.В.. Аэродинамика проточной части паровых и газовых турбин: расчеты, исследование, оптимизация, проектирование / Академия наук высшей школы Украины. — Х., 1999. — 359с.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

2. *Водоподготовка и водный режим котельных*: Сборник рекомендаций по эксплуатации водоподготовительного оборудования и ведению воднохимического режима отопительных котельных / Государственный учебный центр "Профессионал" / М.Ф. Парменова (подгот.). — М., 2000. — 76 с.
3. *Голосков Д.П.* Уравнения математической физики .СПб.: Питер.2004 — 539с.
4. *Гладышев Г.П., Дорожков А.А., Лебедев В.В., Тихомиров А.А.* Безопасная эксплуатация паровых и водогрейных котлов. — М. : Энергоатомиздат, 1995. — 241с.
5. *Журкин В. Г., Грингауз А. М.* Пособие для изучающих правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов в вопросах и ответах. — М. : НПО ОБТ, 2001.
6. *Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів (зі змінами та доповненнями): ДНАОП 0.00-1.08-94* / Комітет по нагляду за охороною праці України. — К.: Основи, 1999. — 592с.
7. *Пчелинцев В.А., Коптев Д.В., Орлов Г.Г.* Охрана труда в строительстве. М: Высшая школа, 1991 — 272 с.

Одержано редколегією 23.09.2010 р.

В.С. ЗУБЧЕНКО, канд. фіз.-мат. наук,
Національний університет харчових технологій

Л.В. ТКАЧЕНКО, канд. техн. наук,

Н.В. ПРОЦАН

Український науково-дослідний інститут спирту
та біотехнології харчових продуктів

СТАБІЛІЗАЦІЯ СПИРТОУТВОРЮЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ДРІЖДЖІВ ПРИ ЗБРОДЖУВАННІ СУСЛА ПІДВИЩЕНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

*Досліджено вплив постійного магнітного поля на спиртоутворюючу здатність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010, які використовують при зброджуванні крохмалевмісної сировини. Визначено оптимальні значення та тривалість дії постійного магнітного поля для стабілізації спиртоутворюючої здатності дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 під час зброджування сусла підвищеної концентрації.*

Ключові слова: дріжджі, магнітне поле, крохмалевмісна сировина, спиртоутворююча здатність.

Проведены исследования влияния постоянного магнитного поля на спиртообразующую способность дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010, которые используют при сбраживании крахмалсодержащего сырья. Определены оптимальные значения и длительность воздействия постоянного магнитного поля для стабилизации дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 при сбраживании сусла повышенной концентрации.

Ключевые слова: дрожжи, магнитное поле, крахмалсодержащее сырье, спиртообразующая способность.

*The investigation of influence of the constant magnetic field on alcohol-productive activity of *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 yeasts, which are used in the fermentation of starch raw materials, were carried out. The optimum values of the constant magnetic field and duration of its effect for stabilization of alcohol-productive activity of *Saccharomyces cerevisiae* Y-5010 yeasts in the process of fermentation of raw materials of high concentration, were determined.*

Key words: yeast, magnetic field, starch raw materials, alcohol-productive activity

На сучасному рівні розвитку науки у галузі технології перероблення в етиловий спирт крохмалевмісної сировини виникають нагальні проблеми, пов'язані зі зброджуванням зернового сусла підвищеної концентрації. Стимувальним фактором під час зброджування сусла підвищеної концентрації з крохмалевмісної сировини є висока концентрація вуглеводів у середовищі, яка лімітується можливостями дріжджових клітин та репресією їх продуктами метаболізму [7]. Відомо, що підвищення концентрації сусла та в наслідок цього - концентрації спирту, під час його зброджування, призводить до гальмування процесів розвитку дріжджів та бродіння. Підвищення концентрації етилового спирту призводить до пригнічення життєдіяльності та зниження бродильної активності дріжджових клітин. Встановлено, що за концентрації у середовищі етилового спирту більше 5 % об. спостерігається інгібування процесу брунькування клітин, а за концентрації спирту вище 12 % об. — повне пригнічення росту дріжджів [3].

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Послаблення негативного впливу підвищеної концентрації середовища можна досягти шляхом стабілізації фізіологічних властивостей продуцента дріжджів за спиртоутворюючою здатністю за рахунок дії фізичних чинників в т.ч. постійного магнітного поля. Використання дріжджів стабілізованих за спиртоутворювальною здатністю для зброджування сусла підвищеної концентрації дасть змогу інтенсифікувати процес спиртового виробництва за рахунок підвищення міцності бражки, що в свою чергу приведе до зменшення витрат води на технологічні потреби та пари на перегонку бражки, а також сприятиме зменшенню об'єму стічних вод.

Тому пошуки та розробка нових способів стабілізації метаболізму дріжджів-продуцентів за допомогою дії магнітного поля мають не тільки науковий інтерес, а й практичне значення. Тому використання дії постійного магнітного поля для стабілізації фізіологічних властивостей продуцента дріжджів за спиртоутворюючою здатністю є актуальною задачею.

Метою нашої роботи було визначення ефективності дії постійного магнітного поля на продуцент дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* штам У-5010 для одержання етилового спирту з крохмалевмісної сировини, і добір оптимальної дози для стабілізації спиртоутворюючої здатності.

Об'єктом досліджень був промисловий штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010, який використовують у виробництві етилового спирту з крохмалевмісної сировини [4]. Штам відселекцьовано шляхом багато-ступінчастого відбору з виробничої популяції дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* раси XII та адаптовано до підвищених температур бродіння. Штам У-5010 — це факультативний анаероб. Розмір клітин дводобової культури на солодовому суслі з масовою часткою сухих речовин (СР) 8 % — (5—6,2) × 2—5,8) мкм.

Обробленню постійним магнітним полем піддавали пробірки з 25 см³ добової культури дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010, яку було вирощено на солодовому суслі з масовою часткою СР 16 %.

Пробірки з добовою культурою дріжджів поміщали у камеру, де підтримували постійне магнітне поле, напруженість якого змінювали від 20 до 100 кА/м. Тривалість перебування пробірок з дріжджовими клітинами у постійному магнітному полі становила від 5 до 30 хв. У контрольному варіанті пробірки з дріжджами не піддавали дії постійного магнітного поля.

Під час досліджень в процесі вирощування дріжджів і подальшого спиртового зброджування для приготування сусла використовували зерно кукурудзи крохмалистістю 62,08 %. Сусло готували за умов низько-температурного гідроферментативного оброблення таким чином. Помел з кукурудзи, який характеризувався 95—96 % проходу крізь сито з діаметром отворів 1 мм одержували за допомогою лабораторного млина. Для приготування замісу 70 г помелу кукурудзи змішували зі стерильною водопровідною водою таким чином, щоб одержати сусло за концентрацією СР на рівні 22 %, і вносили розріджуючий ферментний препарат Термаміл СЦДС з розрахунку 0,75 дм³ на 1 т умовного крохмалю та підігрівали до температури від 90 до 95 °С, за якої витримували впродовж 3-х годин. Розварений заміс охолоджували до температури 58 °С, вносили оцукрюючий ферментний препарат Сан-Супер 360Л з розрахунку 1,5 дм³ на 1 т умовного крохмалю. Оцукрювання проводили за температури 58 °С впродовж 1 години. Оцукрене сусло використовували для досліджень, які здійснювали в лабораторних умовах за методом “бродильної проби” [2].

Сусло, яке використовували для вирощування дріжджів (дріжджове сусло), готували аналогічно, але збагачували азотним і фосфорним живленням, за нормами прийнятими у спиртовій галузі [8]. Для підтримки асептичних умов впродовж довготривалого дослідження проводили пастеризацію за температури 85 °С впродовж 40 хв. Після пастеризації сусло охолоджували, підкислювали сірчаною кислотою до величини рН на рівні 3,8—4,0. Готове дріжджове сусло засівали 25 см³ дріжджів з пробірок, які піддавали обробленню магнітним полем. Колби у контрольному варіанті засівали дріжджами, які не піддавали обробленню магнітним полем. Тривалість вирощування дріжджів становила 18 год за температури (31±1) °С. Контроль процесу проводили за кількістю СО₂, що виділявся за цей час, проводивши зважування кожні 6 години.

Дріжджі використовували для засіву оцукреного сусла з розрахунку 10% до об'єму сусла. Дослідження за кожним варіантом проводили в трьох повторностях. Зброджування сусла, яке засівали дріжджами за різними варіантами оброблення магнітним полем, проводили за температури (31±1) °С. Контроль процесу зброджування проводили за кількістю СО₂, що виділявся під час бродіння. Процес

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

бродиння вважали закінченим, коли за 2 години кількість виділеного CO_2 становила менше 0,1 г. Для перевірки стабілізації спиртоутворюючої здатності дріжджів, останні послідовно пасажували на свіже дріжджове сусло з концентрацією СР 22 %, з подальшим використанням їх для зброджування сусла підвищеної концентрації. Під час досліджень було проведено десять пасажувань дріжджів.

Показники дозрілої бражки визначали за методиками, що використовуються у практиці спиртового виробництва [1,2], а саме видиму густину та істинні сухі речовини (СР) — ареометричним методом, величину рН — потенціометричним методом, величину кислотності — електрометричним титруванням, кількість загального, розчинного цукру та нерозчиненого крохмалю — за колориметричним методом з антроновим реактивом [5]. В бражних дистилатах концентрацію етилового спирту визначали ареометричним методом [6].

Показники дозрілої бражки, одержаної при зброджуванні дріжджами, які було оброблено магнітним полем напруженістю $3,5 \cdot 10^5$ А/м впродовж 5, 15 та 30 хв. у порівнянні з контрольним варіантом, наведено у таблиці.

З одержаних даних видно, що при використанні для зброджування сусла підвищеної концентрації дріжджів, які було оброблено магнітним полем напруженістю $3,5 \cdot 10^5$ А/м впродовж 15 хв., спостерігається стабілізація показника концентрації спирту в дозрілій бражці, тобто значення знаходиться на одному рівні (12,65 % об.) як після першого, так і після 10-го пасажів.

Зменшення тривалості оброблення до 5 хв. приводить до зниження концентрації спирту у дозрілій бражці після 10-го пасажу, порівняно з 1-им пасажем на 0,5 % об., при цьому у контрольному варіанті концентрація спирту після 10-го пасажу на суслі підвищеної концентрації становить 11,75 % об., що на 0,9 % об. менше по відношенню до 1-го пасажу.

Зменшення тривалості оброблення до 5 хв. приводить до зниження концентрації спирту у дозрілій бражці після 10-го пасажу, порівняно з 1-им пасажем на 0,5 % об., при цьому у контрольному варіанті концентрація спирту після 10-го пасажу на суслі підвищеної концентрації становить 11,75 % об., що на 0,9 % об. менше по відношенню до 1-го пасажу. При збільшенні тривалості обробки до 30 хв. концентрація спирту у дозрілій бражці після 10-го пасажу знижується, порівняно з 1-им пасажем, на 0,05 % об. Стабілізація спиртоутворюючої здатності дріжджів, які піддавали обробленню магнітним полем впродовж 15 та 30 хв., підтверджується показниками дозрілих бражок: видимою густиною та вмістом загальних незброджених цукрів.

Показники дозрілої бражки, одержаної після зброджування дріжджами, обробленими постійним магнітним полем

Показники	Контрольний варіант(без оброблення)		Варіанти оброблення дріжджів магнітним полем					
			5 хв.		15 хв.		30 хв.	
	1-й пасаж	10-й пасаж	1-й пасаж	10-й пасаж	1-й пасаж	10-й пасаж	1-й пасаж	10-й пасаж
Видима густина, % СР	—1,0	—0,2	—1,0	—0,6	—1,0	—1,0	—1,0	—0,8
рН середовища	4,2	3,8	4,2	3,9	4,2	4,1	4,2	4,0
Кислотність, град	0,65	0,78	0,65	0,74	0,65	0,64	0,65	0,67
Концентрація спирту, % об.	12,65	11,75	12,65	12,15	12,65	12,65	12,65	12,60
Вміст загальних незброджених вуглеводів, %	0,43	0,87	0,40	0,53	0,39	0,40	0,41	0,45

У результаті проведених досліджень визначено, що дріжджі, які було оброблено магнітним полем впродовж 15 хв., і після десяти пасажувань зберігали спиртоутворюючу здатність, тобто синтезували однакову кількість спирту, при цьому в контрольному варіанті, спиртоутворююча здатність дріжджів, які не піддавали дії постійного магнітного поля, поступово знижується.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Таким чином, експериментально встановлено оптимальні значення постійного магнітного поля (напруженість $3,5 \cdot 10^5$ А/м за тривалості 15 хв.), на штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010, за якими досягається максимальний ефект стабілізації спиртоутворюючої здатності. Досягнутий ефект зберігається впродовж десяти послідовних пасажувань дріжджів. Одержані результати можна пояснити тим, що під час дії постійного магнітного поля підвищується активність ферментних систем дріжджів. Подальше збільшення тривалості оброблення до 30 хв., не приводять до покращання результатів і тому не має практичного значення.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що оброблення штаму спиртових дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* У-5010 постійним магнітним полем напруженістю $3,5 \cdot 10^5$ А/м впродовж 15 хв, дає можливість ефективно зброджувати сусло підвищеної концентрації за рахунок стабільної спиртоутворюючої здатності дріжджових клітин. Визначено, що за оптимального значення дії постійного магнітного поля, здатність даного штаму дріжджів синтезувати стабільну кількість етилового спирту зберігається впродовж десяти пасажувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Великая Е.М., Суходол В.Ф. Лабораторный практикум по общей технологии бродильных производств. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 312с.
2. Инструкция по теххимическому контролю спиртового производства.-М.: Агропромиздат, 1986. — 400 с
3. Коновалов С.А. Биохимия дрожжей. — М.: Пищевая пром-ть, 1980. — С.271.
4. Патент України 36477А. Штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* XII-Т для мікробіологічного синтезу спирту з крохмалевмісної сировини. Опубл. 16.04.2001, Бюл.№3
5. СОУ 15.9-37-243:2005 Сировина крохмалевмісна зброджена для виробництва етилового спирту. Методи визначання незброджених цукрів
6. СОУ 15.9-37-242:2005 Сировина крохмалевмісна зброджена для виробництва етилового спирту. Методи визначання об'ємної частки етилового спирту
7. Технологія спирту /Під ред. проф. В.О. Маринченко. — Вінниця: Поділля. — 2000. — 2003. — С.496.
8. Технологічний регламент виробництва етилового спирту з крохмале-вмісної сировини. — К.: УкрНДІспиртбіопрод, 2000. — 144с.

Одержана редколегією 27.09.2010 р.

В.М. КОШОВА, канд. техн. наук,
В.М. САЛТАНЮК, магістрант
Національний університет харчових технологій

ПІДГОТОВКА ВОДИ ДЛЯ ПАРОВИХ КОТЛІВ У ПИВОВАРНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Витрати теплової енергії при виробництві солоду та пива складають значну частину виробничих затрат. В даній роботі пропонується реконструювати схему водопідготовки води, яка використовується для парових котлів. Пропонується замінити один Na-катионітовий фільтр на H-катионітовий і додатково встановити дегазатор для видалення вільної CO_2 .

Ключові слова: пара, конденсат, продувка, дегазатор, катионітовий фільтр.

Расходы тепловой энергии при производстве солода и пива составляют значительную часть производственных затрат. В данной работе предлагается реконструировать схему водоподготовки воды, которая используется для паровых котлов. Предлагается заменить один Na-катионитовый фильтр на H-катионитовый и дополнительно установить дегазатор для удаления свободной CO_2 .

Ключевые слова: пар, конденсат, продув, дегазатор, катионитовый фильтр.

The charges of thermal energy at the production of malt and beer make considerable part of production expenses. In this work it is suggested to reconstruct the chart of preparation of water which is utilized for steam-boilers. It is suggested to replace one Na-cationic filter on H- Na-cationic and additionally to set decontaminator for the delete of free CO_2 .

Key words: pair, runback, blowing out, decontaminator, cationic filter.

Виробництво солоду та пива в харчовій промисловості потребує значної кількості енергії. Енергія потрібна на всіх проміжних етапах виробництва а також розливу готового напою. При цьому використовується електрична енергія, тепла енергія, енергія стиснутого повітря.

Теплова енергія потрібна для приготування гарячої води, опалення сушарок, нагріву затору та кип'ятіння суслу з хмелем, мийки пляшок, кег, пастеризації пива в потоці та тунельному пастеризаторі, роботи станції мийки обладнання, пропарки фільтрів, розливочних апаратів, трубопроводів, опалення будівель та допоміжних приміщень.

Витрата теплової енергії при виробництві солоду та пива складає значну частку виробничих затрат, і тому для їх мінімізації потрібно якомога раціональніше використовувати енергію.

На пивоварному виробництві є наступне енергетичне обладнання: парові котельні агрегати, холодильне обладнання.

Як відомо, робота парових котлів заключається в перетворенні підготовленої води на пару. Пара має набагато більшу ентальпію в порівнянні з водою, а також пару легко транспортувати.

Загалом обладнання котельні потребує значних вимог до води, а саме найбільшу увагу звертають на загальну жорсткість води, вміст вуглекислоти, кисню, рН, наявність кремнію, загального заліза.

Стандартною схемою підготовки води (рис. 1) для парових котлів є фільтрування на пісчано-гравійний фільтрах, потім двоступінчатє натрій-катионування за допомогою сильно-кислотного катіоніта.

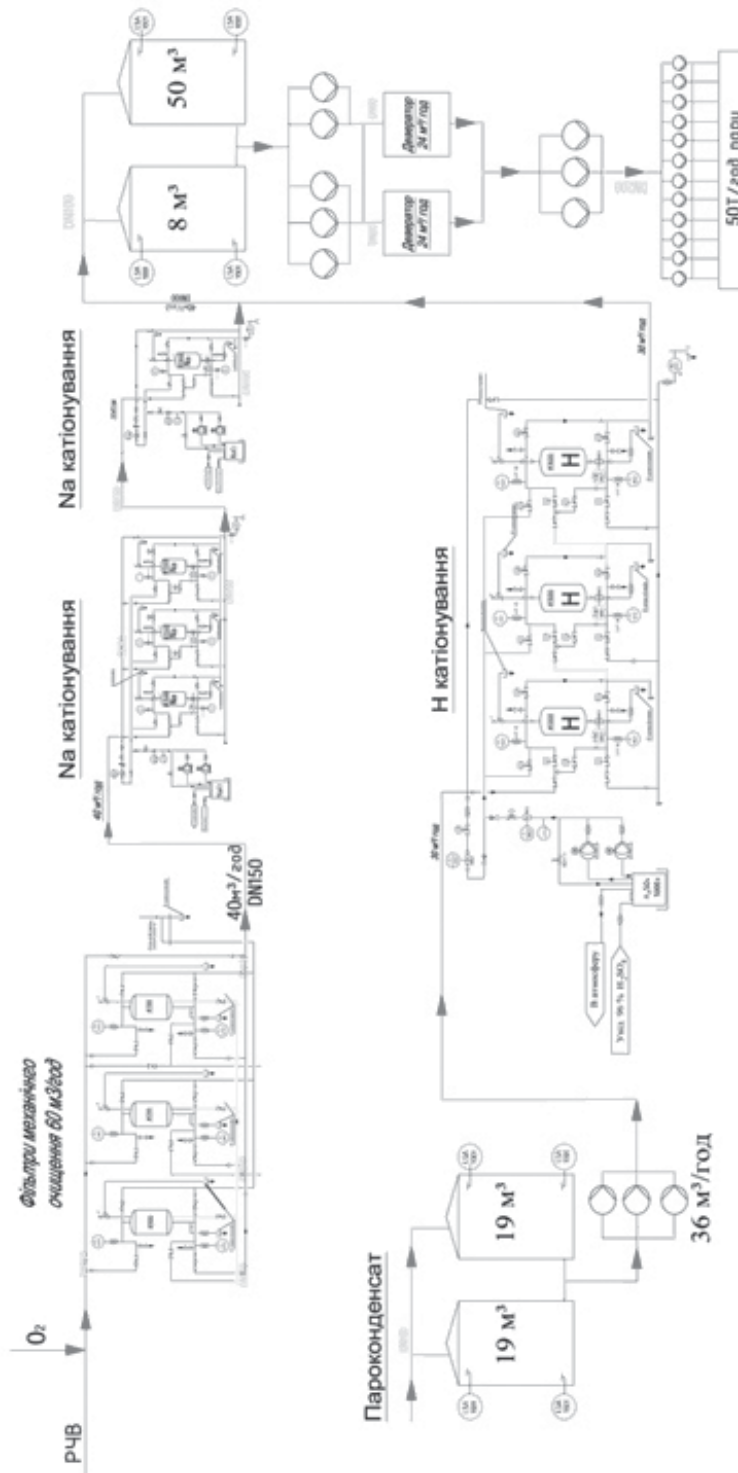


Рис.1. Технологічна схема водо підготовки для потреб котельної до реконструкції

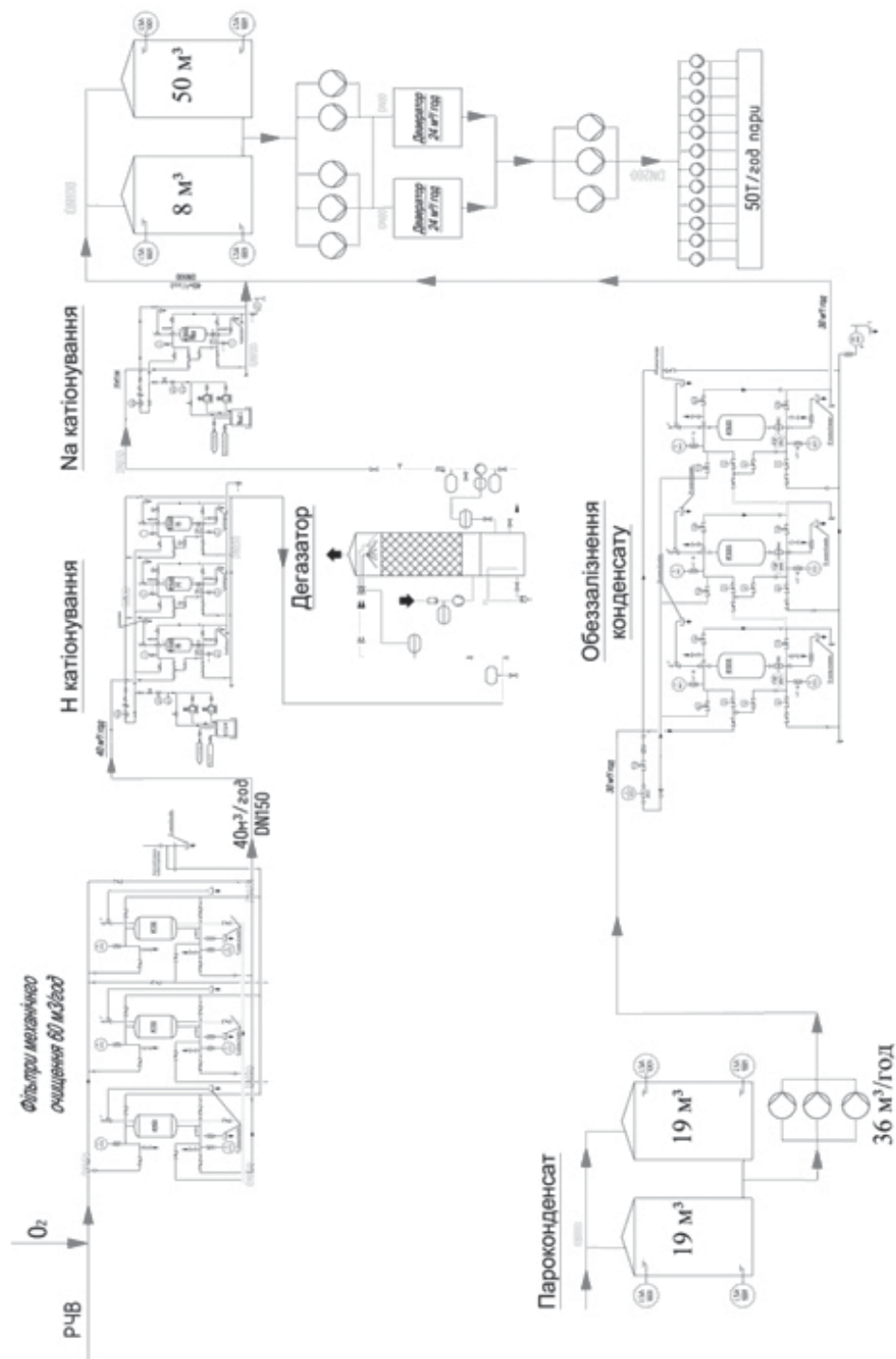


Рис. 2. Технологічна схема водо підготовки для потреб котельної після реконструкції

Фізико-хімічні показники води, яка використовується для парових котлів до і після реконструкції

Показник	Одиниця виміру	Нормативні значення для живильної води, мг/дм ³	Показники води з свердловини	Показники води після водопідготовки до реконструкції	Показники пари до реконструкції, мг-екв/кг	Показники якості конденсату до реконструкції	Показники пари після реконструкції, мг-екв/кг	Показники якості конденсату після реконструкції
Мутність	мг/дм ³	Не більше 0,1	0,86	0,2	0,0	0,5	0,1	0,1
pH		>9,0	7,48	7,6	5,2—7,2	5,2—7,5	7,2	7,2—9,0
Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	<0,01	5,45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Загальна лужність	ммоль/дм ³	<0,7	5,5	5,5	0,0	0,0	0,4	0,0
Кальцій	мг/дм ³	<0,2	76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Магній	мг/дм ³	—	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Na ⁺ +K ⁺	мг/дм ³		49,5	11,56	0,0	0,0	65,0	0,0
Загальне залізо	мг/дм ³	Не більше 0,01	0,27	0,01	0,0	0,3—5,0	0,005	0,08—0,2
Сульфати	мг/дм ³	Не більше 500	23,1	23,1	0,0	0,0	23,1	0,0
Хлориди	мг/дм ³	Не більше 250	51,4	51,4	0,0	0,0	51,4	0,0
Перманганатна окислюваність	мг/дм ³	Не більше 4,0	1,9	0,8	0,0	0,0	0,4	0,0
Гідрокарбонати	мг/дм ³	Не більше 42,7	335	335	0,0	0,0	24,4	0,0
Аміак і солі амонію	мг/дм ³	Не більше 2,0	0,67	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0
Кисень	мг/дм ³	<0,02		0,03	0,03	0,1	0,02	0,02
Вуглекислота	мг/дм ³	<5,0		15,0—30,0	15,0—30,0	5,0	5,0	5,0
електропровідність	μS/см	<300,0		900	200	250	250	200
Кремній (сілікати)	мг/дм ³	20,0	19,2	19,2	0,0	0,0	19,2	0,0
Мінералізація	мг/дм ³	<250,0	390	400	20	50	150	30
Кількість продукви	%			18			1,5	

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Під час вивчення даної схеми підготовки води для котельні, ми звернули увагу на рН пари, вміст вуглекислоти, кількість продувки (кількість води, яка зливається з котлів при досягненні критичного значення електропровідності), якість конденсату, який повертається з виробництва.

При цьому з'ясувалось, що при даній схемі підготовки води утворюється агресивний пар з рН 5,2—7,2, вмістом CO_2 до 60 мг/дм³. При цьому конденсат, який утворювався мав вміст загального заліза до 5,0 мг/дм³. Кількість продувки досягала 18 %.

Після вивчення даної проблеми була запропонована схема по реконструкції існуючої водопідготовки (рис. 2), а саме замість першого ступеня Na-катіонування встановити пом'якшення води за допомогою H-катіонування (слабокислотний катіоніт) і дегазатор для видалення вільної CO_2 , а потім дану воду подають на другу ступінь Na-катіонування для запобігання потрапляння іонів кальцію та магнію у воду, яка використовується для котлів.

В таблиці приведена порівняльна характеристика показників води, пари та конденсату до реконструкції та після. рН пари після реконструкції змістилась з кисло-нейтрального до нейтрально-лужного. Вміст заліза у конденсаті після реконструкції зменшився у 3,75—25 раз (з 0,30—5 до 0,08—0,20 мг/дм³).

Показники підготовленої води після реконструкції по лужності зменшились у 13,7 рази за рахунок введення у схему H-катіонітового фільтру. Сума іонів ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) зменшилась майже в два рази із 115,6 до 65,0 мг/дм³. Сульфати і хлориди, які обумовлюють постійну жорсткість в процесі реконструкції не змінились, але окислюваність води зменшилась в два рази. Вміст гідрокарбонатів зменшився в 14 раз, що також можна пояснити введенням H-катіонітового фільтру.

З даної таблиці видно, як змінились показники пари та конденсату, а також знизилась кількість продувки котлів з 18% до 1,5 %, що дало змогу значно економити енергоресурси, та забезпечити стабільну роботу парових котлів.

Дана схема підготовки води впроваджена у виробництво на одному із підприємств пивоварної промисловості у Хмельницькій області і може бути рекомендована до впровадження у всіх галузях харчової промисловості, де використовуються парові котли.

Висновки:

1. Запропонована схема водопідготовки впроваджена у виробництво після реконструкції.
2. рН пари змістилось з кисло-нейтрального до нейтрально-лужного після встановлення дегазатора для видалення CO_2 .
3. Вміст заліза у конденсаті зменшився з 3,5 до 2,5 раз.
4. Після проведення реконструкції по даній пропозиції дає змогу значно економити енергоресурси і забезпечити стабільну роботу парових котлів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Домарецький В.А.* Технологія солоду та пива: Підручник. — Київ: «Фірма ІНКОС», 2004. — 426 с.
2. *Сировина для виробництва пива.* Навч. посібник / П.В. Колотуша, В.М. Кошова. — К.: УМК ВО, 1991. — 144 с.
3. *Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности* / И.Т. Кретов, С.Т. Антипов — Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 1997. — 624 с.

Одержана редколлегією 15.11.2010 р.

УДК. 544.723.233:664.29

Т.В. ШЕЙКО**Л.М. МЕЛЬНИК**, д-р техн. наук,**О.С. МАРЦЕНЮК**, д-р техн. наук*Національний університет харчових технологій*

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ АДСОРБЦІЇ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН ШУНГІТОМ ІЗ СОКУ СТОЛОВОГО БУРЯКА

Досліджено кінетику адсорбції пектинових речовин із соку столового буряка шунгітом, визначено коефіцієнти масовіддачі та масопередачі при зовнішній та внутрішній дифузії в порах адсорбента.

Ключові слова: сік столового буряка, шунгіт, адсорбційне очищення, коефіцієнти дифузії, масовіддачі, масопередачі.

Исследована кинетика адсорбции пектиновых веществ из сока столовой свеклы шунгитом, определены коэффициенты массоотдачи и массопередачи при внешней и внутренней диффузии в порах адсорбента.

Ключевые слова: сок столовой свеклы, шунгит, адсорбционная очистка, коэффициенты диффузии, массоотдачи, массопередачи.

Was to investigate the kinetics of adsorption of pectic substances from beet juice by schungite, were determined mass transfer coefficient in external and internal diffusion in pores of the adsorbent.

Key words: beet juice, shungite, adsorption, diffusion coefficient, mass transfer coefficient.

Для проектування адсорберів в системі тверде тіло-рідина, необхідно знати коефіцієнти масовіддачі, які можна обчислити при наявності фізичних констант та кінетичних характеристик процесу адсорбції.

На основі загальних закономірностей масообміну в основу теорії адсорбції покладені закони фізико-хімічної і дифузійної взаємодії молекул адсорбтива з молекулами й поверхнею твердих тіл-адсорбентів.

Швидкість перенесення речовини, що поглинається, з потоку рідини в ядро пористої структури гранул адсорбента залежить від стадії зовнішньої конвективної дифузії — підведення речовини з потоку до частинок адсорбента; стадії внутрішньої дифузії — переміщення молекул адсорбтиву всередині каналів і пор адсорбенту; стадії адсорбції — процес міжмолекулярної взаємодії адсорбтива з поверхнею адсорбента [1].

Характер міжмолекулярної взаємодії на межі поділу фаз визначає механізм процесу адсорбції. Це обумовлює необхідність дослідження дифузійних властивостей поглинаючої речовини та адсорбційного матеріалу [2].

Авторами досліджено процес адсорбції пектинових речовин із соку столового буряка природним вуглецевовмісним адсорбентом шунгітом — з урахуванням впливу температури на зміну фізичних констант та кінетичних характеристик процесу.

Свіжесік столового буряка у кількості 100 мл нагрівали до температури 40 °С, 50 °С та 60 °С і змішували з попередньо термоактивованим при температурі 90...100 °С протягом 60 хвилин шунгітом, концентрацією 4,76 % мас. змішаної фракції (оптимальні параметри,

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

встановлені на основі попередніх досліджень). Суміш витримували протягом 60 хвилин при постійному перемішуванні і через кожні 10 хвилин визначали кількість поглинутих пектинових речовин. За отриманими результатами будували криві адсорбції, які використовували для подальших розрахунків (рис. 1).

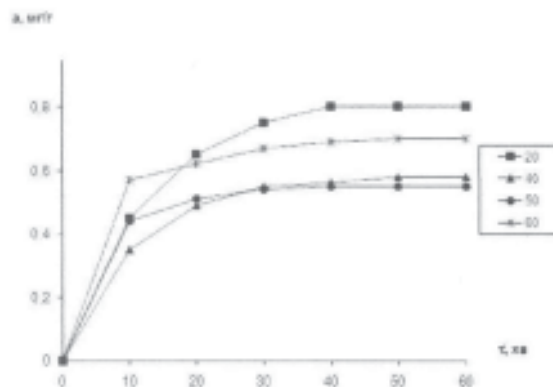


Рис. 1. Кінетичні криві адсорбції пектинових речовин шунгітом із соку столового буряка при температурі обробки соку 20°, 40°, 50°, 60°C (концентрація шунгіта — 4,76% мас)

В процесі обробки соку при температурі 20°C окрім адсорбції відбувається також седиментація частинок пектинових речовин. Флокули пектинових речовин і адсорбенту самі спроможні приєднувати до себе високомолекулярні сполуки, що сприяє додатковому очищенню соку.

При підвищенні температури обробки соку до 60°C прискорюється броунівський рух молекул, в тому числі і рух шкідливих домішок, що збільшує вірогідність потрапляння їх в пори і нанотрубки адсорбенту та приєднуватись до незкомпенсованих зарядів складових елементів сорбенту.

Для розрахунку коефіцієнта масопередачі пектинових речовин із соку столового буряка шунгітом використали залежність [3]:

$$k_a = \frac{1}{\frac{1}{\beta_s} + \frac{1}{\beta_g}}, \quad (1)$$

де k_a — коефіцієнт масопередачі, м/с; β_s — коефіцієнт масовіддачі при зовнішній дифузії, м/с; β_g — коефіцієнт масовіддачі при внутрішній дифузії в порах адсорбенту, м/с.

Для розрахунку коефіцієнта масовіддачі при зовнішній дифузії використовуємо рівняння:

$$\beta_s = \frac{D_s \times Nu}{d}, \quad (2)$$

де D_s — коефіцієнт зовнішньої дифузії, м²/с; Nu — критерій Нусельта, який визначали з рівняння $Nu = 1,6 \times Re^{0,54}$ [3].

Значення числа Рейнольдса розраховували з формули:

$$Re = \frac{\omega \times d \times \rho}{\mu}, \quad (3)$$

де ω — швидкість руху потоку рідини ($\omega = 0,016$ м/с, розраховували із попередніх досліджень); d — діаметр частинки адсорбенту, м (для шунгіту — 0,002 м); ρ — густина соку столового буряка при вмісті сухих речовин (СР) 9,2% і температурі 20 °C становить 1048 кг/м³; μ — в'язкість соку столового буряка, Па·с.

В'язкість соку столового буряка обчислили [5]:

$$\mu = 0,0199 \times CP^{2,94} \times t^{-1,17}, \quad (4)$$

де t — температура соку столового буряка при проведенні дослідження, °С. В'язкість соку столового буряка при дослідних температурах 20 °С, 40 °С, 50 °С і 60 °С при вмісті СР 9,2 % дорівнює 0,4069 Па·с, 0,1763 Па·с, 0,1356 Па·с, 0,1085 Па·с, відповідно.

Для розрахунку коефіцієнта зовнішньої дифузії пектинових речовин в системі сік: шунгіт скористалися рівнянням [4]:

$$D_s = \frac{K \times r^2}{\pi^2 \times \tau_{0,5}}, \quad (5)$$

де K — коефіцієнт, який залежить від форми гранул ($K = 0,34$); r — еквівалентний радіус пористої частинки, м; $\tau_{0,5}$ — проміжок часу від початку досліду до моменту, коли кількість адсорбованої речовини досягає 50% від рівноважної величини адсорбції, с (визначається з рис. 1). Отримано коефіцієнти зовнішньої дифузії $1,52 \times 10^{-10}$ м/с — при обробленні соку шунгітом при температурі 20 °С; $1,69 \times 10^{-10}$ м²/с — при 40 °С; та $1,69 \times 10^{-10}$ м²/с і $2,54 \times 10^{-10}$ м²/с при температурі 50 °С та 60 °С, відповідно.

Обчислені коефіцієнти масовіддачі при зовнішній дифузії мають наступні значення: $\beta_s = 3,12 \times 10^{-8}$ м/с (при $t = 20$ °С), $5,49 \times 10^{-8}$ м/с (при $t = 40$ °С); $6,42 \times 10^{-8}$ м/с (при $t = 50$ °С); $1,07 \times 10^{-7}$ м/с (при $t = 60$ °С).

Розрахунок коефіцієнта масовіддачі при внутрішній дифузії в порах шунгіту виконували згідно рівняння:

$$\beta_g = \frac{10 \times D_g}{d_n}, \quad (6)$$

де D_g — коефіцієнт внутрішньої дифузії, м²/с; d_n — діаметр пор адсорбента (для шунгіта 7×10^{-9} м).

Швидкість стадії внутрішньої дифузії залежить від швидкості переміщення речовини всередині пор адсорбента і визначається як дифузійними властивостями адсорбтиву, так і властивостями адсорбенту (його активністю, сорбційною ємністю, пористістю і діаметром пор) [4].

Коефіцієнт внутрішньої дифузії адсорбтива в порах визначали за формулою [2, 3]:

$$D_g = \frac{\varepsilon_v \times D_s}{2} \times \left[1 - \exp\left(-\frac{2 \times d_n}{3 \times D_s} \times \sqrt{\frac{8 \times R \times T}{M}}\right) \right], \quad (7)$$

де ε_v — пористість адсорбенту (для шунгіту — 0,5); M — молекулярна маса адсорбтиву (молекулярна маса пектинових речовин бурякового соку приблизно дорівнює 17000), R — універсальна газова стала, становить 8,314 кДж/(моль·К); T — температура, К ($T = 273 + t_{\text{досл}}$).

Коефіцієнт внутрішньої дифузії пектинових речовин при обробленні соку столового буряка шунгітом при температурі 20 °С складає $3,79 \times 10^{-11}$ м²/с, при 40 °С — $4,22 \times 10^{-11}$ м²/с, $4,22 \times 10^{-11}$ м²/с і $6,33 \times 10^{-11}$ м²/с при температурі 50 °С і 60 °С.

Коефіцієнт масовіддачі при внутрішній дифузії пектинових речовин в порах адсорбенту $\beta_g = 0,054$ м/с (при $t = 20$ °С); 0,06 м/с (при $t = 40$ °С); 0,06 м/с (при $t = 50$ °С); 0,09 м/с (при $t = 60$ °С).

Залежності коефіцієнтів зовнішньої і внутрішньої дифузії від температури суміші шунгіт: сік представлені на рис. 2, 3.

Як видно з рис. 2 і 3 коефіцієнти внутрішньої і зовнішньої дифузії зростають із збільшенням температури обробки соку шунгітом. Ймовірно, що це відбувається за рахунок підвищення швидкості броунівського руху молекул адсорбента і адсорбтива.

Коефіцієнт масопередачі пектинових речовин із соку столового буряка склав $k_g = 0,054$ м/с при $t = 20$ °С; 0,06 м/с при $t = 40$ °С; 0,06 м/с і 0,09 м/с при $t = 50$ °С і $t = 60$ °С.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

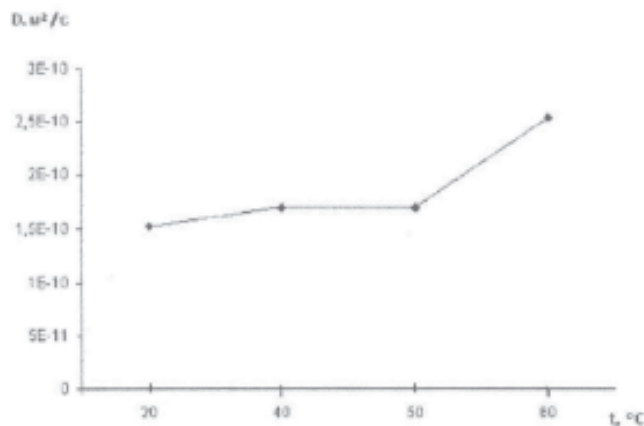


Рис. 2. Залежність коефіцієнта зовнішньої дифузії від температури процесу адсорбції пектинових речовин соку столового буряку шунгітом концентрацією 4,76 % мас. при тривалості взаємодії 60 хв.

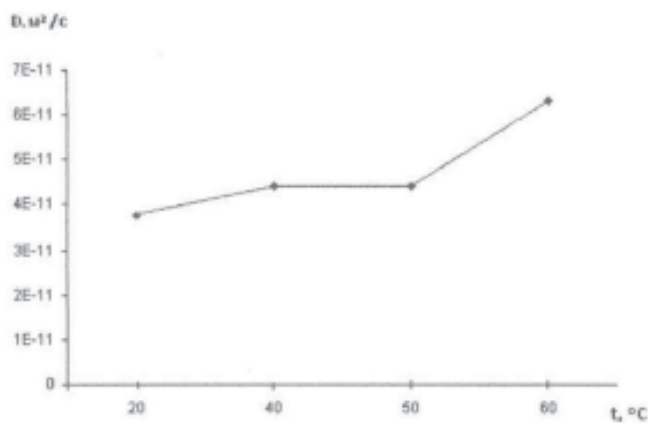


Рис. 3. Залежність коефіцієнта внутрішньої дифузії від температури процесу адсорбції пектинових речовин соку столового буряку шунгітом концентрацією 4,76 % мас. при тривалості взаємодії 60 хв.

Висновки. 1. Отримано кінетичні криві адсорбції пектинових речовин із соку столового буряку шунгітом при різних температурах взаємодії соку та адсорбенту, які були використані для розрахунку фізичних констант та кінетичних характеристик процесу адсорбції. 2. Визначено оптимальні температурні параметри адсорбції пектинових речовин із соку столового буряку шунгітом. 3. Розраховано коефіцієнти масовіддачі при зовнішній і внутрішній дифузії та коефіцієнти масопередачі пектинових речовин із соку столового буряку шунгітом. 4. Встановлено і обґрунтовано збільшення значень коефіцієнтів зовнішньої і внутрішньої дифузії при підвищенні температури суміші сік: шунгіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ф.А. Слисаренко.* Физико-химические исследования природных адсорбентов. — Саратов, 1968, — 128 с.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

2. *Г.А. Аксельруд.* Массообмен в системе твердое тело — жидкость. / Из-во Львовского университета. — Львов, 1970. — 187 с.
3. *А.П. Врагов.* Массообмінні процеси та обладнання хімічних та газонафтопереробних виробництв. / Навчальний посібник. Суми, Університетська книга, 2007 р. — 284 с.
4. *Г.В. Цицишвили.* Кинетика адсорбции паров воды на цеолитах А и X / Г. В. Цицишвили, Е. Л. Григолия // Поверхностные явления на алюмосиликатах. Сборник статей, Тбилисси, Мицниереба, 1965. — с. 17—29.
5. *И.А. Чубик.* Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов / И. А. Чубик, А. М. Маслов // 2-е изд., — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 184 с.

Одержана редколлегією 16.11.2010 р.

Н.А. ТКАЧУК, канд. техн. наук,
Л.М. МЕЛЬНИК, д-р. техн. наук
Національний університет харчових технологій

ПОРІВНЯННЯ АДСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЛАУКОНІТУ ТА АКТИВНОГО ВУГІЛЛЯ ПРИ ОЧИЩЕННІ СОРТІВОК

Проведено порівняльні дослідження адсорбційної спроможності глауконіту та активного вугілля БАВ-А щодо небажаних домішок із сортівок з метою створення комбінованих сорбентів.

Ключові слова: глауконіт, активне вугілля, сортівка, адсорбційні властивості, комбінований сорбент.

Проведены сравнительные исследования адсорбционных свойств глауконита и активного угля БАУ-А относительно нежелательных примесей из сортировки с целью создания комбинированных сорбентов.

Ключевые слова: глауконит, активный уголь, сортировка, адсорбционные свойства, комбинированный сорбент.

Adsorptive capacities of glauconite and active carbon BAU-A with regard to the unwanted impurities from sortivka have been comparatively researched for the purpose of creating combined sorbents.

Key words: glauconite, active carbon, sortivka, adsorptive capacities, combined sorbent.

Оскільки на сучасному етапі для очищення сортівок використовують активне вугілля було поставлено за мету порівняти адсорбційну спроможність глауконіту і активного вугілля БАВ-А щодо альдегідів, вміст яких погіршує смак горілок [1].

Для дослідження було взято березове активне вугілля БАВ-А фракції 1—2 мм, попередньо термоактивованій глауконіт фракції 1 мм і промислові зразки сортівки, які пропускали через шар адсорбенту, масою 4г.

Кінетичні залежності адсорбції альдегідів при контакті систем БАВ-А-сортівка, глауконіт-сортівка подані на рис.1.

Як видно з рис.1 активне вугілля БАВ-А адсорбує альдегіди перші 20 хвилин контакту із сортівкою. Із збільшенням тривалості взаємодії вміст альдегідів зростає до 10 мг/дм³ за 60 хвилин. Це підтверджує протікання каталітичних процесів, які превалюють над процесами сорбції.

Глауконіт ефективно адсорбує альдегіди із сортівки, зменшуючи початковий вміст із 9,3 до 4,2 мг/дм³ за 20 хвилин. Подальше збільшення тривалості взаємодії не змінює суттєво кількість альдегідів, і через 30 хвилин їх вміст стабілізується на рівні 3,9 мг/дм³.

Були проведені дослідження впливу зміни маси адсорбентів на ступінь очищення сортівки (25 мл). Дослідження проводили динамічним способом. Одержані результати подані на рис. 2.

З рис. 2 видно, що чим більша маса наважки адсорбента, тим більше альдегідів поглинається. Глауконіт сорбує альдегіди краще, ніж БАВ-А.

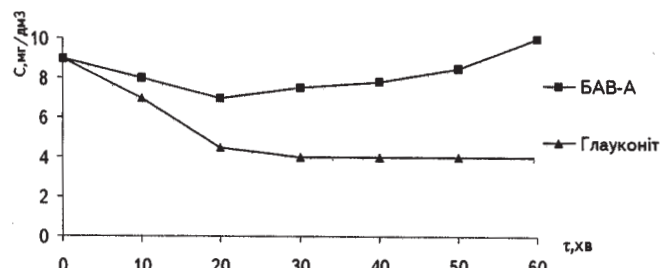


Рис. 1. Кінетика поглинання альдегідів глауконітом та БАВ-А із сортівки

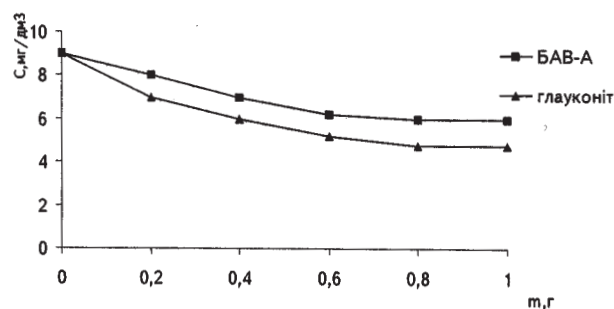


Рис. 2. Вплив маси активного вугілля та глауконіту на ступінь очищення сортівки від альдегідів за 20 хв.

При масі наважки вугілля в 1г вміст альдегідів зменшується з 9,2 до 5,9 мг/дм³, а при такій же масі глауконіта кількість альдегідів в очищеній сортивці становить 5 мг/дм³.

Для подальшого порівняння сорбційних властивостей активного вугілля і глауконіту щодо альдегідів були проведені дослідження впливу об'єму сортивки, пропущеної по черзі через адсорбційну колонку з БАВ-А та з глауконітом масою в 4г протягом 20 хвилин. Отримані результати наведені на рис. 3.

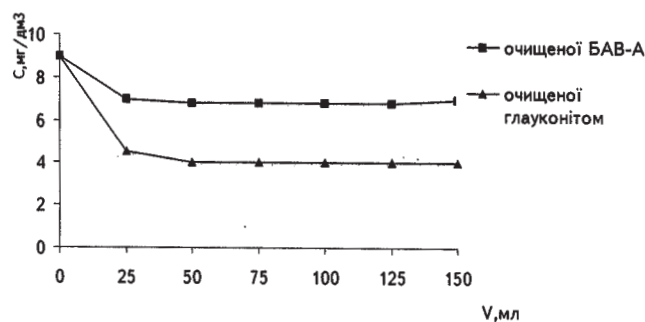


Рис. 3. Кінетика зміни вмісту альдегідів у сортивці від об'єму очищеної сортивки.

Рис. 3 показує такі результати: перші 25 мл. сортивки, пропущеної через шар БАВ-А, глауконіту суттєво очищуються від альдегідів. Їх концентрація зменшується від 9,2 до 7 мг/дм³ (БАВ-А) і від 9,2 до 4,2 мг/дм³ (глауконіт). При зростанні об'єму пропущеної сортивки до 50 мл концентрація альдегідів в очищеному розчині зменшується з 9,2 до 6,8 мг/дм³ (БАВ-А), і з 9,2 до 3,9 мг/дм³ (глауконіт) і далі залишається на цьому ж рівні при збільшенні об'єму до 100 мл.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Важливо порівняти адсорбційну спроможність вуглецевого сорбенту та природного мінералу щодо поглинання ними естерів і вищих спиртів із сортівки. Результати порівняльних досліджень подані у табл. 1.

Таблиця 1. Вміст основних груп домішок етилового спирту у сортівках, очищених БАВ-А, глауконітом ($m = 4g$)

Сорбент	Тривалість взаємодії, хв.	Кількість домішок, мг/дм ³	
		естери	вищі спирти
Неочищена сортівка	—	15,10	12,60
БАВ-А	10	16,20	12,10
Теж	20	13,30	11,20
Теж	30	15,70	11,80
Глауконіт	10	10,86	6,31
Теж	20	10,53	5,83
Теж	30	10,49	4,95

Вуглецевий сорбент БАВ-А адсорбує незначну кількість естерів та вищих спиртів.

Кількість естерів у очищеній глауконітом сортівці зменшується за 10 хв. із 15,1 до 10,86 мг/дм³ та із 15,1 до 10,53 мг/дм³ (за 20хв). Така ж тенденція зберігається і при адсорбції вищих спиртів. Глауконіт адсорбує їх до 50% за 10 хвилин взаємодії із сортівкою і при збільшенні тривалості взаємодії до 20 хвилин вміст вищих спиртів в очищеній сортівці знижується на 40%. Подальше підвищення часу контакту мінерала і сортівки є недоцільним, оскільки суттєвих змін у кількості основних груп домішок в очищеній сортівці не спостерігається.

Оскільки вищі спирти впливають на якісні показники етилового спирту і сортівок, нами були проведені порівняльні дослідження вибіркової адсорбції БАВ-А і глауконіту щодо вищих спиртів. Ці результати подані в табл. 2.

Таблиця 2. Вміст вищих спиртів (мг/дм³) в очищеній БАВ-А і глауконітом сортівці ($m = 4g$)

Сортівка	Час контакту, хв.	ізопропанол	н-пропанол	ізобутанол	н-бутанол	ізопентанол	н-пентанол	сума
Неочищена сортівка	—	5,28	3,57	0,94	1,23	0,46	0,73	12,21
Очищена БАВ-А	20	5,15	3,35	0,72	1,17	0,48	0,84	11,71
Очищена глауконітом	20	1,07	0,21	0,52	0,18	0,26	0,06	2,30

Аналіз табл. 2 показує, що після очищення сортівки БАВ-А вміст ізопропанолу і н-пентанолу зменшується з 5,28 до 5,15 мг/дм³ та з 3,57 до 3,35 мг/дм³, відповідно, спостерігається незначне зменшення ізобутанолу та н-бутанолу, а кількість ізопентанолу і н-пентанолу, навпаки, зростає. Загальна сума вищих спиртів в очищеній сортівці практично залишається незмінною.

При адсорбційному очищенні сортівки глауконітом загальна кількість вищих спиртів зменшується в п'ять разів : вміст ізопропанолу і н-пропанолу знижується із 5,28 до 1,07 мг/дм³ та із 3,57 до 0,21 мг/дм³, відповідно, ізобутанолу і н-бутанолу із 0,94 до 0,52 мг/дм³ та із 1,23 до 0,18 мг/дм³. Глауконіт ефективно поглинає ізопентанол і н- пентанол.

Результати досліджень свідчать про ефективність адсорбційного очищення сортівок, як активним вугіллям, так і глауконітом, причому глауконіт у деяких випадках має кращі показники. Технологія виробництва активного вугілля є складною і охоплює велику кількість операцій, які супроводжуються значними матеріальними і енергетичними затратами і складає 30000 грн/т (БАВ-А) (дані 2008 року). В Україні, на жаль, не налагоджене серійне промислове виробництво активного вугілля. Тому постає важлива задача замінити повністю або частково застосування вуглецевих сорбентів природними дисперсними мінералами.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Переконали лікерогорілчану промисловість в доцільності застосування глауконіту для промислового очищення водно-спиртових розчинів можливо лише аргументованими дослідженнями. З цією метою було запропоновано створення комбінованого сорбента, який складається з активного вугілля і глауконіту у співвідношенні, %: 10:90, 30:70, 50:50. Перше число — активне вугілля, а друге — глауконіт. Результати проведених досліджень представлені табл. 3.

Таблиця 3. Вміст основних груп домішок (мг/дм³) в сортівках, очищених БАВ-А, глауконітом і комбінованим сорбентом ($w = 0,021\text{м/с}$, $\tau = 20\text{хв}$)

Адсорбенти	Вміст домішок, мг/дм ³			Дегустаційна оцінка (бали)
	Альдегіди	Естери	Вищі спирти	
Неочищена сортівка	10,0	15,10	12,60	9,2
БАВ-А	6,90	13,30	11,20	9,3
Глауконіт (Гл)	4,21	10,53	5,83	9,3
БАВ-А + Гл (10:90)	3,05	8,90	4,72	9,4
БАВ-А + Гл (30:70)	3,00	8,70	4,55	9,4
БАВ-А + Гл (50:50)	2,95	8,55	4,27	9,4

Із табл. 3 видно, що найкраще адсорбуються домішки із сортівок комбінованими сорбентами. Комбінований сорбент, що містить 10 % БАВ-А знижує вміст альдегідів в очищеній сортівці в три рази, естерів із 15,10 до 8,90 мг/дм³, вищих спиртів із 12,60 до 4,72 мг/дм³. Комбіновані сорбенти, із вмістом активного вугілля 30 % і 50 % очищують сортівку практично так, як і сорбент, що має 10% БАВ-А, а витрати активного вугілля суттєво відрізняються. Тому доцільно використовувати комбінований сорбент з найменшим вмістом активного вугілля (10%).

Аналізуючи результати дегустаційної оцінки бачимо, що комбіновані сорбенти підвищують якісні показники сортівок на 0,2 бали, що дозволяє рекомендувати їх до промислового впровадження.

Висновки. Доведено, що глауконіт має адсорбційні властивості близькі до БАВ-А щодо небажаних домішок, сортівок. Природний мінерал ефективніше поглинає альдегіди і вищі спирти, ніж вуглецевий сорбент. Вибірковість адсорбції у глауконіта вища, ніж у БАВ-А. З метою економії АВ доцільно використовувати комбіновані сорбенти, що містять 10% АВ та 90% глауконіту.

У промислових умовах комбінований сорбент краще використовувати в окремих, послідовно з'єднаних адсорберах, спочатку з глауконітом, а потім — із активним вугіллем, що зручно для регенерації обох адсорбентів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 4256:2003. Горілки і горілки особливі. Технічні умови. — К.: Держспоживстандарт України, 2004. — 9 с.
2. Подлубная Е.Т., Степная В.Е., Сушинская Т.В., Славущая Н.И. Контроль очистки водочных сортировок активированным углем // Ферм. и спирт. пром-сть. — 1985. — №1. — С.18—20.
3. Манк В.В. Исследование природных минералов для адсорбционной очистки водно-спиртовых растворов/ В.В.Манк, Л.Н. Мельник // Производство спирта и ликероводочных изделий. — 2005. — №1. — С. 27—28.
4. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел: [под ред. Г. Парфита, К. Рочестера]. — М.: Мир, 1986. — 488с.
5. Мельник Л.М., Манк В.В., Гоба В.Є. Сорбційно-каталітичні процеси в системах “активне вугілля — водно-спиртові розчини” // Хім. науки і технології. Наукові записки НУ “Києво-Могилянська академія”, 2004. — Т. 28. — С. 32—35.
6. Тарасевич Ю.И. Адсорбция на глинистых минералах / Ю.И.Тарасевич, Ф.Д. Овчаренко. — К.: Наукова думка, 1975. — 352 с.

Одержано редколегією 21.11.2010 р.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Харчова промисловість» запрошує Вас до публікації наукових робіт.

Засновник та видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал зареєстрований Президією ВАК України (Постанова № 1-05/6 від 16.12.2009 р.) як наукове видання з технічних наук.

У журналі висвітлюються результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових ви-робництв та економіки харчової промисловості.

Обсяг статей — до 10 машинописних аркушів (до 10000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не публіковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Всі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вчитаних** роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті – шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі – назва статті великими напівжирними літерами, під назвою – анотація українською мовою з ключовими словами (5 – 6 слів / ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза «**Ключові слова**» – напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

У кінці тексту статті окремим абзацом наводяться висновки (слово «**Висновки**» – напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» та вимогами ВАК України. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.

Прізвища іноземних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після списку літератури наводяться: анотація та ключові слова російською мовою; ініціали і прізвища авторів, назва статті великими напівжирними літерами, анотація та ключові слова (Summary) англійською мовою (розмір анотації від 1/2 до 2/3 сторінки); фрази “Ключевые слова” та “Key words” — напівжирним шрифтом.

Усі анотації мають містити коротку інформацію щодо об’єкту та методик досліджень з наведенням основних результатів роботи та рекомендаціями щодо сфери їх застосування.

Після тексту анотацій та ключових слів наводиться фраза «Одержана редколегією (дата)» (набраним світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.

У разі одержання статті, оформленої з порушенням запропонованих “ВИМОГ”, редакція статтю не реєструє. За необхідності доопрацювання статті відповідно до зауважень рецензента авторам направляється екземпляр рукопису, який разом із рецензією, відповіддю рецензентів, двома екземплярами виправленої статті та електронним носієм з виправленим текстом слід повернути до редакції.

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; роздільна здатність не менше 300 dpi); допускається подавати рисунки розмірами 10×17 см, виконані акуратно чорною тушшю або чорною кульковою ручкою на білому папері, придатні для подальшого сканування. На звороті рисунка зазначити його номер, авторів і назву статті.

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).

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), експертний висновок (для статей сторонніх організацій).

Головний редактор журналу доктор технічних наук, професор

Анатолій Іванович Соколенко

Відповідальний секретар журналу кандидат технічних наук, доцент

Сергій Володимирович Токарчук

Контактні телефони: міський – (044) 287-92-45, внутрішній – 92-45

E-mail: tmipt_xp@ukr.net

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

№ 10

Видання подається в авторській редакції

Комп'ютерна верстка *Є.В. Колесниченко*

Підп. до друку 10.12.2010 р. Формат 70×100/16. Обл.-вид. арк. 13,07.
Ум. друк. арк. 9,03. Наклад 300 прим. Вид. № 30-1/11. Зам. № 19/1-11

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