

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ, МОЛОДІ
ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ

№ 13

НАУКОВИЙ
ЖУРНАЛ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2012

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 підприємств харчової промисловості.

Редакційна колегія:

А.І. Соколенко, доктор технічних наук,
професор — головний редактор;
В.М. Таран, доктор технічних наук,
професор — заступник головного редактора;
С.В. Токарчук, кандидат технічних наук,
доцент — відповідальний секретар;
Л.Ю. Арсеньєва, доктор технічних наук, професор;
О.Ф. Буляндра, доктор технічних наук, професор;
А.О. Заїнчковський, доктор економічних наук, професор;
А.П. Ладанюк, доктор технічних наук, професор;
Л.В. Левандовський, доктор технічних наук, професор;
В.М. Логвін, доктор технічних наук, професор;
В.М. Марченко, доктор економічних 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, професор;
О.П. Сологуб, доктор економічних наук, професор;
О.Ю. Шевченко, доктор технічних наук, професор;
Є.В. Штефан, доктор технічних наук, доцент.

Видання подається в авторській редакції

Схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 8 від 29.03.12 р.

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

ЗМІСТ

Технологія

Домарецький В.А., Куц А.М., Карпутіна М.В., Мельник І.В. Вітчизняний та світовий досвід України у виробництві пива	6
Карпутіна М.В., Домарецький В.А., Романова З.М., Бабич І.М. Сучасні способи розведення чистої культури пивоварних дріжджів	10
Гойко І.Ю., Івасенко І.А. Дослідження впливу пектину на скважування молочної суміші для отримання кисломолочного напою	15
Зубченко В.С., Вітряк О.П., Ткаченко Л.В. Вплив освітлювачів на біологічну стійкість безалкогольних напоїв бродіння	19
Зубченко В.С., Березовська Н.І., Паляниця Л.Я., Косів Р.Б., Ткаченко Л.В. Вплив дріжджових лізатів на культивування молочнокислих бактерій	24
Усатюк С.І., Королюк Т.А., Вознюк А.В., Демчина Г.Л., Цабілева Л.В. Кисломолочні напої з наповнювачем з пророщеного жита	28
Сімахіна Г.О. Інноваційні технології у харчовій промисловості	31
Сімахіна Г.О., Корихалова О.М. Технологія концентратів біофлавоноїдів на основі лікарських рослин	35
Пенчук Ю.М., Скроцька О.І., Коломієць Ю.В., Чернега О.В., Соколовський О.С. Обладнання для вирощування рослинних клітин глибинним способом	39
Вергелес Г.В., Шиян П.Л., Мудрак Т.О., Кириленко Р.Г., Сизько В.Б. Удосконалення технології спиртових бражок із використанням кислотостійких ферментних препаратів	43
Танащук Л.І. Одержання глюкозно-фруктозних сиропів з використанням електроактивованої води	48

Носенко Т.Т., Олексенко А.О. Дослідження впливу технологічних параметрів вибілювання соняшникової олії на вміст продуктів окиснення	52
Сидоренко О.В., Туніцька А.О. Харчова цінність та безпечність сировини для виробництва функціональних структуроутворювачів	57
Пирог Т.П., Гарбарчук С.О., Савчук О.М. Вплив органічних кислот на синтез мікробного полісахариду етаполану на суміші С2 – С6-субстратів	61
Пирог Т.П., Гриценко Н.А., Боровик О.О., Конон А.Д. Дослідження біодеградабельності поверхнево-активних речовин NOCARDIA VACCINII K-8	66
Звягінцева Ю.П., Камбулова Ю.В., Ємельянова Н.О., Перегуда М.А., Ковбаса В.М. Вплив пектинів на формування якості бісквітних напівфабрикатів з солодом	70
Скочко А.Б., Конон А.Д., Пирог Т.П. Дослідження антиадгезивних властивостей поверхнево-активних речовин ACINETOBACTER CALCOACETICUS IMB B-7241	77
Салюк А.І., Жадан С.О., Шаповалов Є.Б. Виробництво біогазу з курячого посліду та його оптимізація	81
Процеси та обладнання	
Литовченко О.М., Побережець В.І., Побережець І.І. Визначення вмісту спирту і загального екстракту в плодово-ягідних виноматеріалах К-методом	86
Тараненко Г.В. Гідродинамічні режими роботи тарілок провального типу	90
Романова З.М., Прибильський В.Л., Бондар М.В., Романов М.С., Карпутіна Д.Д. Оптимізація процесу зброджування пивного суслу рентгенівським опроміненням	94
Лобок О.П., Гончаренко Б.М., Баркар Д.О. Застосування підходів лінійної теорії при синтезі керування для систем з запізнюванням	100
Токарчук С.В., Гавва О.М. Дослідження впливу зношування кінематичних пар поршневого дозатора на точність дозування в'язких та пластичних продуктів	108
Якимчук М.В. Дослідження впливу динаміки лінійних двигунів в модулях переміщення упаковок	115
Гуць В.С., Євтушенко О.В. Причини, джерела і обставини виробничого травматизму в м'ясній промисловості України	122
Дубковецький І.В., Малезик І.Ф., Євчук Я.В. Дослідження процесу мікрохвильового зневоднення глоду	127
Кулінченко В.Р., Дубковецький І.В. Турбулентний рух нестисливої рідини у каналі з проникливими стінками	134

Хіврич О.В., Володченкова Н.В. Моделювання просторово-часового розвитку (еволюції) ризику руйнувань небезпечних промислових об'єктів у надзвичайних ситуаціях	140
Черевко О.І., Кіптєла Л.В., Захаренко В.О. Аналіз стабільності структури багатокомпонентних паст з дикорослої плодово-ягідної сировини	146
Гавва О.М., Захаревич В.Б., Масло М.А., Токарчук С.В. Дослідження основних напрямків модифікації відходів із ПВХ	151
Осика В.А., Мостика К.В., Романенко О.В. Вплив паперових пакувальних матеріалів на збереження якості цукристих кондитерських виробів	157
Кошовий М.Д., Чуйко О.С., Костенко О.М. Оптимальне планування експерименту при дослідженні технологічного процесу приготування попкорна в мікрохвильовій печі	164
Кулінченко В.Р., Мотуз І.К. Розрахунок електроплазмових насосів	168
ЛевчійД.В., Медвідь Н.В. Алгоритми оптимізації енергозбереження у харчовій промисловості	174
Деренівська А.В., Гавва О.М., Кривопляс-Володіна Л.О. Дослідження кінематики операції переміщення упаковки у формі паралелепіпеда за допомогою шнекового конвеєра в пакувальних машинах-автоматах	180
Лензійон В.Й., Криворотько В.М., Соколенко А.І., Гіджевіцький В.М. Особливості технологій вторинного бродіння у виробництві шампанських вин	185
Чепелюк О.М., Чепелюк О.О., Федоров С.Ф., Цветкова К.А. Моделювання процесу перемішування фаршу в кутер-мішалці	190
Чагайда А.О., Піддубний В.А. Фазові переходи в технологіях створення замкнутих контурів енергокористування	194
Соколенко А.І., Костюк В.С., Васильківський К.В., Палаш А.А. Енергетичні трансформації в харчових технологіях	198

ТЕХНОЛОГІЯ

УДК 663.543

В.А. ДОМАРЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук,

А.М. КУЦ, канд. техн. наук,

М.В. КАРПУТІНА, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

І.В. МЕЛЬНИК, канд. техн. наук

Одеська національна академія харчових технологій

ВІТЧИЗНЯНИЙ ТА СВІТОВИЙ ДОСВІТ УКРАЇНИ У ВИРОБНИЦТВІ ПИВА

Проаналізовано динаміку виробництва пива у світі та в Україні протягом 2005 – 2010 років. Оцінені фактори, які впливають на цінову політику у галузі, на обсяги виробництва вітчизняного пива, на величину імпорту та експорту цього напою. Окреслені задачі, які стоять перед пивоварною галуззю на сучасному етапі.

Ключові слова: динаміка ринку пива, імпорт, експорт пива, інтенсифікація процесів виробництва.

Оцінка стану та динаміки пивного ринку України за останні роки дає змогу оцінити фактори, які впливають на загальний стан виробництва пива, обсяги його імпорту та експорту.

В останні роки пивний ринок України демонстрував впевнену динаміку розвитку. За щорічним приростом він залишав позаду не тільки насичені ринки розвинутих країн, а й випереджав найбільший у Східному регіоні російський ринок. Проте, з появою кризи український ринок пива втратив свої колишні позиції.

Розглядаючи ринок пива в до кризовий період, можна сказати, що пивний сезон 2005 року, в якому виробництво пива збільшилося на 44 млн. дал, став гідним завершенням розвитку пивоварної галузі. Такий високий темп зростання останній раз спостерігався у 2000 році (збільшення ринку на 23 %).

У наступні роки попит пішов на спад і збільшення ринку склало лише 18 % у 2001 році і 12 % в 2003 – 2004 рр. Основна частина продукції (92 %) припадала на чотири найбільших виробника — «САН Інтербрю України» (нині «САН ІнБев Україна»), «Оболонь», «ВВН Україна» і «Сармат». Інші 8 % ділили між собою дрібні регіональні підприємства. Разом зі зростаючими обсягами звареного пива до 2005 року виріс і експорт (на 21 %) [1]. Споживання пива в 2005 році зросло на 23 %, в 2006 році на 15 %, а в 2007 році зростання становило лише 12 %. Незважаючи на те, що в 2007 році було продано 280 млн. дал пива, обсяг ринку у вартісному вираженні продовжував збільшуватися на 20 – 30 % на рік за рахунок зростання цін. Однак, у зв'язку зі світовою економічною кризою в 2008 р. український ринок зріс лише на 1,4 %. Такий показник для українських пивоварів виявився, мало не катастрофічним, хоча для виробників пива в Європі така цифра є цілком нормальною.

У 2008 році пиво суттєво подорожчало, тільки в період з грудня 2008 року по січень 2009 року компанії підвищили відпускні ціни на 12 – 16%, що було реакцією на коливання курсу валют. У зв'язку з ослабленням курсу української гривні по відношенню до долара і євро вартість деяких імпортованих матеріалів збільшилася приблизно на 50 %, особливо це торкнулося хмелю і дріжджів, в той же час залишилася колишньою, і навіть трохи знизилася, що злетіла в 2007 році, вартість солоду. Це пояснюється хорошим урожаєм ячменю.

За підсумками 2009 року ринок пива скоротився на 7,4 % і в об'ємному вираженні склав 265,3 млн. дал. Основними причинами падіння ринку є погіршення матеріального становища

© В.А. Домарецький, А.М. Куц, М.В. Карпутіна, І.В. Мельник, 2012

ТЕХНОЛОГІЯ

громадян через економічну кризу, а також безпрецедентний тиск на галузь з боку регулюючих органів. З 1 липня 2010 року в Україні набули чинності нові збільшені ставки акцизів на пиво (зростання на 23,3 %). Це передбачено законом № 2275 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України» (законопроект № 6337), прийнятим парламентом 20 травня 2010 року і підписаний Президентом України Віктором Януковичем.

За кордон поставляється близьке 10 % пива, яке виробляється в Україні. У 2009 році експорт пива скоротився на 3,2 % до 34 млн. дал, через зменшення поставок у Білорусію та Молдову. Росія — основний споживач недорогого українського пива — навіть трохи збільшила закупівлі (табл. 1). Однак, перша половина 2010 року відображає негативну динаміку, в першу чергу, обумовлену падінням експорту в Росію

Таблиця 1. Експорт українського пива в країни СНГ

Експорт пива в країни СНГ	Роки експорту, млн. дал		± %
	2008	2009	
Росія	24,54	25,07	2,2 %
Білорусь	4,97	4,23	-14,8 %
Молдова	4,30	2,72	-36,8 %
Грузія	0,43	1,24	189,0 %
Інші країни СНГ	0,90	0,74	-18,0 %
Всього	35,1	34,0	-3,2 %

Імпорт пива в Україну порівняно невеликий: менше 1 % ринку в натуральному вираженні і біля 2 % — у грошовому. При цьому, більше половини поставок з-за кордону припадає на російські бренди. У 2009 році на фоні скорочення преміального сегменту імпорт впав на 24 % до 1,45 млн. дал. (табл. 2).

Таблиця 2. Імпорт пива в Україну з Росії та Європи

Країна-експортер	Роки імпорту, млн. дал		± %
	2008	2009	
Росія	0,889	0,806	-9,4 %
Греція	0,213	0,120	-43,7 %
Германія	0,200	0,136	-32,1 %
Нідерланди	0,198	0,053	-73,3 %
Бельгія	0,147	0,155	5,1 %
Інші	0,265	0,183	-30,8 %
Всього	1,912	1,453	-24,0 %

Динаміка виробництва пива на території України з 2009 року характеризується тенденцією до зростання (рис. 1).

У першій половині 2010 року намітилася тенденція до стабілізації — відносно 2009 року торговельний баланс скоротився всього на 2,4 %. За підсумками 2010 року спостерігається збереження натуральних обсягів і невелике зростання ринку через стійку спекотну погоду в липні — серпні.

Так, за результатами ризи — за 2009 рік виробництво пива — 300,3 млн. дал, за 2010 — 310,1 млн. дал [1].

У першій половині 2010 року намітилася тенденція до стабілізації — відносно 2009 року торговельний баланс скоротився всього на 2,4 %. За підсумками 2010 року спостерігається збереження натуральних обсягів і невелике зростання ринку через стійку спекотну погоду в липні — серпні. Так, за результатами ризи — за 2009 рік виробництво пива — 300,3 млн. дал, за 2010 — 310,1 млн. дал [1]. Стабілізація продажів у першій половині 2010 року призвела до зростання ринку

ТЕХНОЛОГІЯ

в грошовому еквіваленті приблизно на 15 % — до 10,6 млрд. грн. За умови стабільності гривні, зростання ринку пива в доларовому еквіваленті в другій половині 2010 року продовжував випереджати зростання в гривнях, що пов'язано з різким падінням національної валюти в серпні-листопаді 2009 року і подальшим її відновленням. За підсумками 2010 року обсяг українського ринку пива склав близько \$ 3 млрд., що все ж таки менше показника 2008 року.

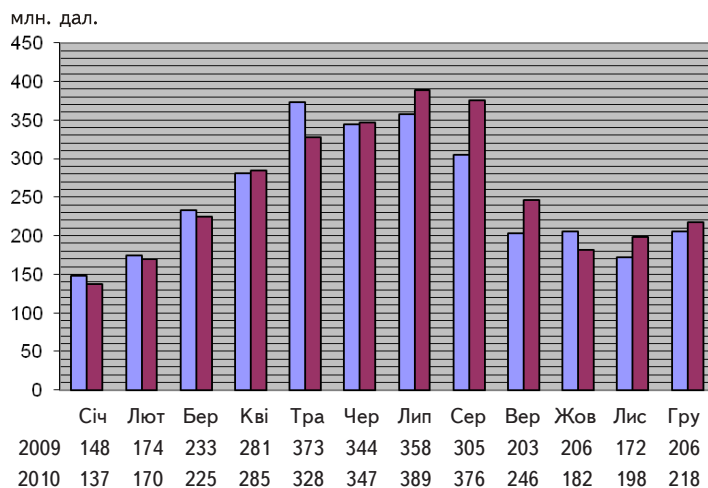


Рис. 1. Динаміка обсягів виробництва пива в Україні, млн. дал.

В останні декілька років українським підприємствам критичну ситуацію створюють: складність створення прогнозів щодо динаміки ринку, велика кількість нових директивних рішень і актів, зникаючі внутрішні ресурси і зростання агресивності у фінансовій сфері. В цих умовах велике значення відводиться впровадженню в практику підприємств ідей і технологій стратегічного управління розвитком [2].

Дуже важливо при розвитку пивоварної індустрії враховувати потреби споживача. Це красиве оформлення пляшки або банки, бажання одержати задоволення, імідж і скриті фактори, здоров'я і благополуччя населення, ціна, стійка піна, колір, прозорість, аромат і смак пива тощо.

Перспективними впровадженнями у виробництво пива є:

- одержання нових полімерних матеріалів, дешевого скла, яке не б'ється, для відповідної упаковки пива;
- досягнення великої стабільності пива по: піні, кольору, прозорості, смаку, аромату та збереженню в ньому біологічно активних речовин;
- встановлення хімічного складу та фізіології рослинної сировини відносно до технологічних і якісних показників пива; селекція і генна інженерія нових високоврожайних сортів зернових культур, стійких до різних хвороб і шкідників, а також адаптованих до глобального потепління;
- дослідження і розробка систем раціональної переробки відходів виробництва солоду і пива, враховуючи охорону навколишнього середовища;
- інтенсифікація технологічних процесів виготовлення суслу з високою концентрацією, застосування підвищених норм внесення дріжджів;
- розробка ефективного ресурсо- енергоощадного безперервного оцукрювання заторів і бродіння суслу з іммобілізацією ферментних препаратів і дріжджів на екологічно чистих носіях;
- удосконалення систем використання сонячної енергії при виробництві солоду і пива, біологічної очистки стічних вод з одержанням біогазу і активного мулу;
- застосування в пивоварінні мембранної технології при фільтруванні суслу і пива;
- інтенсифікація технологічних процесів на основі нових розробок і впровадження

прогресивних ресурсо- енергозберігаючих технологій, високоефективного устаткування, повної механізації, автоматизації і комп'ютеризації всіх основних і допоміжних технологічних процесів.

Висновки. Подальші перспективи українського ринку пива залежать від таких основних факторів: загального рівня благополуччя населення і доступності пива, впровадження новітніх ресурсо- та енергоощадних технологій на виробництві, які забезпечать зниження собівартості готового продукту. При цьому негативний вплив на ринок можуть чинити: зростання цін на солод і збільшення податків на фоні дефіциту бюджету, заборона продажу пива вночі, ліцензування торгівлі, введення мінімальної площі торгового приміщення та інше.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Рынок пива Украины 2010 / Пивное дело.* — 2010. — № 3. — С. 28 — 45.
2. *Агеева И.Н.* Роль стратегического анализа в структурировании современных тенденций рынка пива Украины / И.Н. Агеева, М.Д. Милева // *Наук. ж-л «Економіка харчової промисловості».* — № 4(8). — ОНАХТ, 2010. — С. 49 — 54.

Проанализирована динамика производства пива в мире и в Украине на протяжении 2005 – 2010 годов. Оценены факторы, которые влияют на ценовую политику в отрасли, на объемы производства отечественного пива, на величину импорта и экспорта этого напитка.

Ключевые слова: динамика рынка пива, импорт, экспорт пива, интенсификация процессов производства.

V. Domareckij, A. Kuc, M. Karputina, I. Melnik

World experience and realities of Ukraine are in production of beer

The dynamics of production of beer is analysed in the world and in Ukraine during 2005 – 2010. The row of factors influences on a price policy in industry, on a production of beer volume, on an import and export of this drink. These factors were appraised. Tasks which stand before brewing industry on the modern stage are outlined. To such tasks behave: improvement of high — quality indexes of the prepared product, introduction of energy — saving technologies in the production of beer, development of new types of the cheap and ecologically clean packing.

Key words: dynamics of market of beer, import, export of beer, intensification of processes of production.

Одержана редколегією 10.11.2011 р.

М.В. КАРПУТІНА, канд. техн. наук,
В.А. ДОМАРЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук,
З.М. РОМАНОВА, канд. техн. наук,
І.М. БАБИЧ, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

СУЧАСНІ СПОСОБИ РОЗВЕДЕННЯ ЧИСТОЇ КУЛЬТУРИ ПИВОВАРНИХ ДРІЖДЖІВ

Проаналізовано сучасні способи розведення чистої культури пивоварних дріжджів починаючи від лабораторної стадії та визначено фактори, які впливають на інтенсифікацію цього процесу. Наведені приклади сучасних способів пропагації дріжджів на підприємствах галузі, які дозволяють отримати високу концентрацію клітин, що знаходяться в інтенсивній фазі розмноження, знизити ризик зараження чистої культури дріжджів, збільшити продуктивність підприємства в цілому.

Ключові слова: чиста культура дріжджів, пропагатор, сусло, аерація, кисень, бродіння.

Сьогодні перед підприємствами пивоварної галузі стоїть задача впровадження ефективних способів розмноження чистої культури пивоварних дріжджів, які б дозволили отримати високий вихід біомаси клітин, сприяли скороченню терміну зброджування сусла і забезпечували зниження собівартості продукції. У зв'язку з цим актуальним є питання визначення факторів, які впливають на процес розмноження дріжджів, оцінка ефективності різних схем розведення чистої культури пивних дріжджів.

Сучасні технології розмноження дріжджів передбачають створення аеробних умов проходження даного процесу, що забезпечує високі врожаї дріжджових культур та спрощення технології розмноження.

Крім того, розмноження дріжджів в аеробних пропагаторах здійснюють при температурі 25 °С для штамів як низового так і верхового бродіння. При цьому тривалість циклу розведення дріжджів завдяки підвищенню температури та переходу до аеробіозу значно скорочується.

Розведення дріжджів здійснюється у дві стадії — в лабораторії та на виробництві. Мета лабораторної стадії полягає у тому, щоб накопичити достатню кількість біомаси дріжджів, що дозволить перейти до їх розведення на виробництві. Це досягається послідовним пересіванням все збільшеного об'єму культури та перевіркою її санітарно-гігієнічного стану.

Спочатку дріжджі розмножить у колбах об'ємом до 2-х літрів з вільним простором в них не менше ніж 60 % та з постійним струшуванням на ротаційних шейкерах зі швидкістю 200 об/хв. Наступна та завершальна стадія лабораторного розведення дріжджів виконується у плоскодонних циліндричних ємностях з нержавіючої сталі з робочим об'ємом 20...25 л — «колбах Карлсберга». З практичних міркувань ці колби заповнюють стерильним суслом, тоді як попередні стадії розмноження зазвичай проводять на напівсинтетичних середовищах (наприклад, пептоно-глюкозному дріжджовому екстракті). Для переміщення культури у засівний резервуар пропагатора використовують відфільтроване повітря, кисень, азот або вуглекислий газ [1]. Приклад лабораторної (Л) та виробничої (В) стадій розведення дріжджів наведений у таблиці.

Головною причиною розробки способів аеробного розведення дріжджів є низька ефективність бродіння першої генерації. При використанні традиційних анаеробних пропагаторів

накопичується недостатньо велика біомаса дріжджів для забезпечення задовільної норми засіву і це у свою чергу призводить до мало інтенсивного зatoryного бродіння та нестандартного пива. Для покращення такого стану пропонується використання інтенсивного перемішування та аерація, однак значного ефекту це не дає.

Лабораторна та виробнича стадії процесу розведення дріжджів

Стадія розведення	Об'єм та режим розведення
Л	Дріжджі на скошеному поживному середовищі
Л	2 · 10 см ³ ; стаціонарно, 24 год. при 25 °С
Л	2 · 100 см ³ ; при струшуванні, 72 год. при 25 °С
Л	3 дм ³ ; при постійній аерації, 72 год. при 25 °С
Л	20 дм ³ ; при постійній аерації, 72 год. при 25 °С
В	8 гл; при постійній аерації, 24 – 30 год. при 25 °С
В	140 гл; при постійній аерації, 24 – 30 год. при 25 °С
В	1600 гл; бродіння у бродильних ємностях

До того ж додається те, що сьогодні, по-перше, поширена технологія зброджування у сусла у ЦКТ, об'єм яких становить 1600...4000 гл, що значно більше об'єму невеликих бродильних апаратів класичної технології, а по-друге поширене застосування сусла з високою концентрацією сухих речовин. В результаті вихід дріжджів з анаеробних пропаторів виявляється занадто низьким (приблизно 80 гл з вмістом 70 млн. клітин/см³; для сусла об'ємом, наприклад, 1600 гл це дає величину засіву 3,5 млн. клітин /см³ при вимозі для сусла з високою концентрацією сухих речовин 15 млн. клітин/см³. Тому, безумовно, такий режим розведення зазвичай є причиною збоїв у технологічному режимі.

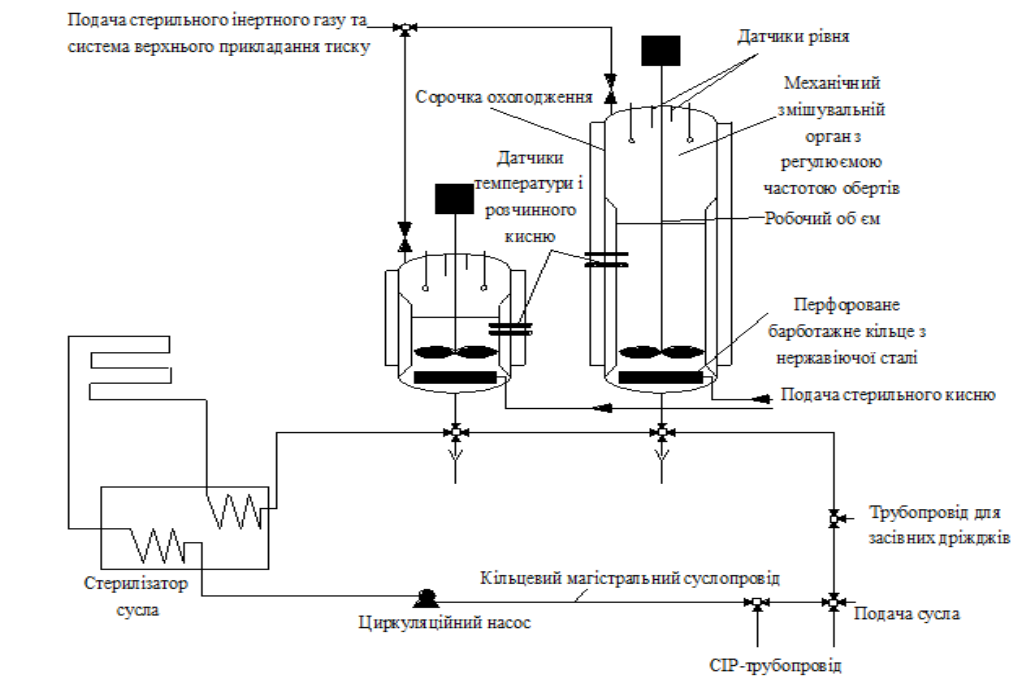


Рис. 1. Схема аеробного пропатора

ТЕХНОЛОГІЯ

У випадку традиційного анаеробного розведення кисень подавався на початку процесу [1]. Іноді в пропаторах у ході всього процесу розведення здійснювалась додаткова аерація або оксигенація крізь стерильні фільтри, однак, перенос газу у таких умовах є дуже низьким, так як більша частини поданого кисню уходить у вільний простір у верхній частині резервуару. Це явище є відображенням фундаментальних законів переносу газу у культурах мікроорганізмів, згідно яких на цей процес впливає перемішування, густина або зростаючий парціальний тиск газу. З трьох цих параметрів найбільший вплив чинить перемішування. Газопоглинаюча здатність ферментера $K_L a$ є визначальним параметром для оцінки експлуатаційних якостей лабораторного та промислового устаткування.

Таким чином, основною задачею аеробного пропатора для пивних дріжджів є підтримання мінімального, але визначеного рівня розчинного кисню у ході всього процесу. Це досягається шляхом поєднання регулювання надходження кисню та перемішування. Такі умови гарантують, що розмноження дріжджів не лімітується киснем і в результаті досягається вихід біомаси на рівні 200 млн. клітин/см³ у порівнянні з 50...70 млн. клітин/см³ у звичайному анаеробному пропаторі.

Вдалим прикладом сучасного аеробного пропатора є пропатор, який використовується на двох британських пивоварних підприємствах [1] і забезпечує об'єм засівних дріжджів 140 гл при внесенні у подальшому в об'єм сусла 1500 гл при запланованій нормі введення 15 млн. клітин/см³ (рис. 1).

Це досягається шляхом використання двоступеневої аеробної системи із засівною камерою об'ємом 13 гл (робочий об'єм — 8 гл), яка живить пропатор об'ємом 220 гл (робочий об'єм — 140 гл). Обидві ємності мають перфоровані барбатажні кільця з нержавіючої сталі та потужний верхній перемішувачий пристрій в якому регулюється частота обертів і який розташований над кільцем насичення киснем. Для забезпечення турбулентності потоку всередині кожної ємності розташовані дефлектори. При введенні пропатора в експлуатацію був встановлений відповідний режим його роботи, який забезпечував номінальний розрахунковий показник переносу газу $K_L a$, що гарантувало підтримку аеробних умови протягом всього процесу розмноження дріжджів. У даному випадку максимальна швидкість перемішування складала 58 об/хв з витратою кисню 10...100 л/хв.

Надійність такої конструкції у гігієнічному відношенні підтверджується відсутністю мікробіологічних збоїв протягом п'яти років експлуатації пропаторів на підприємствах. При цьому дані підприємства працюють на чотирьох штамах дріжджів. Заходи «вірної виробничої практики» включають використання спеціальної системи CIP, застосування стерильного сусла, стерилізацію ємностей та пов'язаних із ними трубопроводів паром, використання мікробіологічних фільтрів для газів та обробку паром точок пробовідбору. Усунення піни, яка утворюється під час процесу розмноження дріжджів, забезпечується конструкцією резервуару, що має виступаючі края та також додатковим верхнім тиском. При необхідності для зменшення піни зменшується інтенсивність перемішування середовища і витрата газу.

Російські вчені у свою чергу запатентували інноваційну систему аеробної пропатації чистої культури дріжджів з безперервною подачею сусла [2]. Як стверджують автори, чиста культура дріжджів, отримана за удосконаленим способом, має вищі якісні показники у порівнянні з ЧКД, отриману в установках з періодичною подачею сусла і пропатацією в одному апараті, які пропонуються усіма відомими виробниками подібного обладнання (Штайнекер, Хуппман, Цимман, Нокадо-шварте, Альфа Лаваль та інші). При цьому на запропонованій установці забезпечується більш висока концентрація клітин, які знаходяться в інтенсивній фазі розмноження (лог-фазі) за більш короткий проміжок часу та усувається ризик зараження ЧКД. Відзначається також нижча, ніж у конкурентів майже на 40 % вартість устаткування, значне зниження часу зброджування сусла (майже на 30 %), що скорочує час приготування пива у цілому, збільшується продуктивність підприємства, знижується собівартість продукції.

Установка (рис. 2) складається з двох апаратів з робочим об'ємом, наприклад, 80 гл кожний. Один з них є пропатором і оснащений сорочкою охолодження та пристроєм для аерації. У ньому і проходить увесь процес розмноження ЧКД.

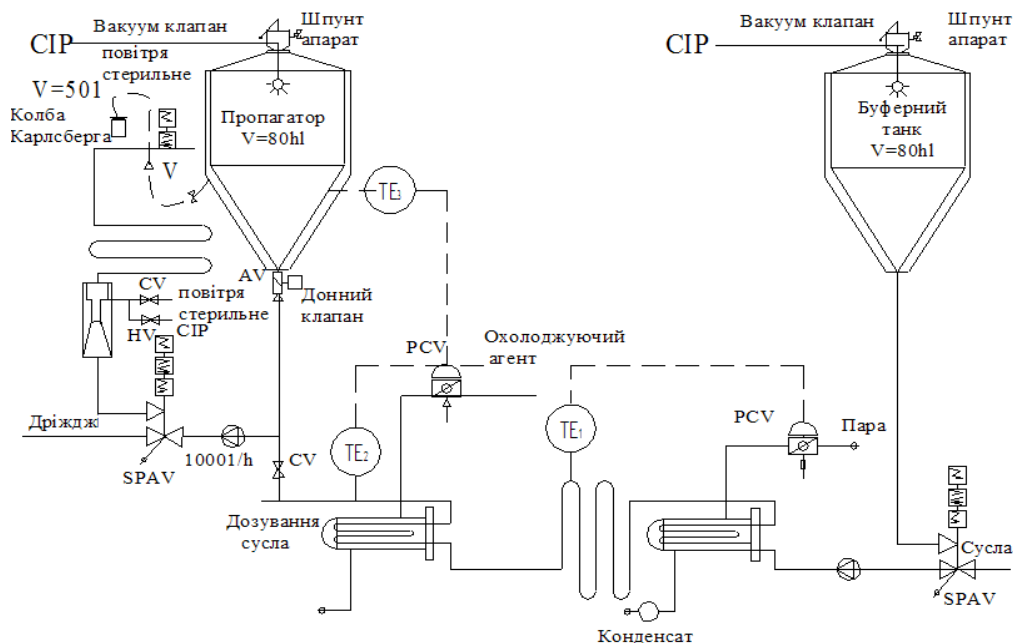


Рис. 2. Інноваційна система пропagaції ЧКД

Інший апарат представляє собою просто буферну ємність з теплоізоляцією, в яку приймається з варильного відділення відповідна порція гарячого сусла з температурою 80...90 °С.

Стадія охолодження сусла після стерилізації з метою пропagaції чистої культури дріжджів зі 100 °С до 10 °С може тривати до 24 годин. При чому зниження температури до 35...40 °С відбувається швидко — за 2,5...3 години, значну ж кількість часу сусло знаходиться в області температур 10...35 °С, що є оптимумом температур для більшості шкідливих культур мікроорганізмів, наприклад, для диких дріжджів.

В інноваційній технології з безперервним дозуванням сусла, відразу після стерилізації при високій температурі, сусло охолоджується у поточному теплообміннику, а так як потік сусла дуже незначний, то відбувається це досить швидко, за лічені хвилини і ризик зараження невеликий. Це одна з відмін даної системи пропagaції від інших, в яких для покращення теплообміну та прискорення охолодження у стерилізатори вбудовуються мішалки або влаштовуються зовнішні контури охолодження, що підвищує ризик зараження чистої культури дріжджів.

В цій технології пропagaції також вирішується проблема «шоку». Після внесення чистої культури дріжджів за допомогою колб Карсберга у пропagaтор у дріжджів виникає шок, який виражається в уповільненні розмноження клітин.

«Шок» у дріжджових клітин виникає під час чергової операції додавання у пропagaтор сусла і триває на протязі 3...6 годин. Інноваційна технологія зменшує тривалість і наслідки такого «шоку», так як сусло дозується у пропagaтор невеликим потоком і тільки у разі необхідності. Таким чином середовище життєдіяльності клітин під час всього процесу пропagaції залишається майже незмінним.

Під час вирощування ЧКД важливим є забезпечення оптимальної аерації сусла. При черговому додаванні сусла у пропagaтор процентний вміст дріжджів різко зменшується, при цьому більша частина кисню взаємодіє із суслим [3]. Відомо, що під час пропagaції дріжджів біля 50 % кисню, що додається у середовище, витрачається на процеси хімічного окислення компонентів середовища.

В даній технології концентрація клітин у суслі завжди підтримується на відносно високому рівні 60...70 млн. клітин у мл., а це гарантує, що увесь кисень, що подається, у значно більшому ступені споживається дріжджами, а не витрачається на процеси окислення компонентів середовища.

ТЕХНОЛОГІЯ

Оцінюючи загалом спосіб аеробного розмноження дріжджів слід зазначити, що при загальній успішності цей метод повністю не справдив всіх покладених на нього науковцями та виробничниками надій. Не дивлячись на те, що у ферментері досягається встановлена рекомендована норма засіву, тривалість циклу першої генерації (і в більшому ступені — другої), виявляється більшою за стандартну. Однак, вихід дріжджів, життєздатність і якість пива, отриманого бродінням за допомогою перших генерацій, не відрізняються від одержаних за допомогою наступних генерацій. Причини такого явища ще недостатньо визначені. Окремі вчені висувають припущення, що клітини, які були вирощені в аеробних умовах менші за розміром тих, що були одержані анаеробним шляхом. Відповідно об'єм анаеробних клітин майже у три рази більший, ніж об'єм такої ж кількості аеробних, а площа їх поверхні майже у два рази більша, ніж у аеробних дріжджів. Однак, такі припущення та висновки не є однозначними і це питання потребує подальшого вивчення.

Висновки. Таким чином при виборі способу розведення чистої культури дріжджів та конструкції пропаторів сучасним пивоварним підприємствам слід враховувати весь комплекс факторів, які впливають на перебіг даного процесу: оптимальну аерацію, зниження впливу осмотичного стресу на дріжджові клітини, усунення ризику зараження чистої культури дріжджів, собівартість обладнання. Саме такий комплексний підхід забезпечить безумовну ефективність процесу розведення чистої культури пивоварних дріжджів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Boulton C. Brewing Yeast and Fermentation / C. Boulton, D. Quain // Oxford: Blackwell Science. — 2001.*
2. *Кейтуков Ч.М. Развитие систем пропации пивных дрожжей: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / Ч.М. Кейтуков. — М., 2007. — 20 с.*
3. *Вакербауер К. Разведение чистой культуры дрожжей / К. Вакербауер, Х. Хеонг, М. Бекман. // Мир пива. 2004, № 2. — С. 16 — 28.*

Проанализированы современные способы размножения пивоваренных дрожжей начиная с лабораторной стадии и определены факторы, которые влияют на интенсификацию этого процесса. Приведены примеры современных способов пропации дрожжей на предприятиях отрасли, которые позволяют получить высокую концентрацию клеток, находящихся в интенсивной фазе размножения, снизить риск заражения чистой культуры дрожжей, увеличить продуктивность предприятия в целом.

Ключевые слова: чистая культура дрожжей, пропатор, сусло, аерация, кислород, брожение.

M. Karputina, V. Domareckij, Z. Romanova

Modern methods of breeding of clean culture of brewing yeasts

The modern methods of reproduction of brewing yeasts are analysed since the laboratory stage. Reasons of insufficient accumulation of biological mass of yeasts are described at the use of traditional anaerobic technology of their receipt. Factors which influence on intensification of process of breeding of clean culture of brewing yeasts are certain. Examples of modern methods of fermentation of yeasts are made on the enterprises of industry, which allow to get the high concentration of cages which are in the intensive phase of reproduction, reduce the risk of infection of clean culture of yeasts, increase the productivity of enterprise on the whole.

Key words: clean culture of yeasts, fermenter, wort, airing, oxygen, fermentation.

Одержана редколегією 10.11.2011 р.

УДК 637. 146 : 613.3

І.Ю. ГОЙКО, канд. техн. наук,

І.А. ІВАСЕНКО

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕКТИНУ НА СКВАШУВАННЯ МОЛОЧНОЇ СУМІШІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПОЮ

Обґрунтовано доцільність використання пектину, як функціонального інгредієнту для виробництва кисломолочного напою, а також його вплив на сквашування молочної суміші. Встановлено масову частку пектину, як стабілізатора структури, яка становить 0,4 %. Наведено результати досліджень зміни титрованої та активної кислотностей в процесі сквашування суміші для отримання кисломолочного напою та визначено термін його зберігання, який складає 15 днів при температурі 4 ± 2 °С. Отримані дані можуть бути використано в молочній промисловості для виробництва нових видів кисломолочних продуктів.

Ключові слова: функціональні інгредієнти, пектин, функціональні продукти, стабілізатор.

Серед харчових продуктів, які належать до найбільш цінних у харчовому і біологічному відношенні та рекомендовані для щоденного споживання людиною, є кисломолочні продукти. Ці продукти легко засвоюються організмом, стимулюють секреторну діяльність, нормалізують перистальтику кишечника, покращують процес травлення, сприятливо впливають на засвоєння харчових речовин, підвищують тонус організму.

В останні роки асортимент кисломолочних продуктів значно розширився, підвищився рівень їх якості, зросли об'єми виробництва, тому висока конкуренція на ринку обумовлюється необхідністю розширення асортименту та удосконалення технології виготовлення.

На Україні одними з найпоширеніших кисломолочних продуктів є напої. Асортимент їх великий і різноманітний — від найпростіших без добавок до вишуканих із шоколадом і фруктами.

На сьогодні актуальним є розроблення нових видів кисломолочних напоїв, які будуть забезпечувати відповідність хімічного складу харчових раціонів фізіологічним потребам організму, а також підтримувати і регулювати конкретні фізіологічні функції, зберігати і покращувати здоров'я.

Метою роботи є дослідження впливу пектину на зміну кислотності у процесі сквашування молочної суміші для отримання кисломолочного напою та на термін придатності отриманого напою.

Подовження термінів придатності кисломолочних напоїв є актуальною проблемою у їх виробництві. Одним із чинників подовження термінів придатності до споживання є використання стабілізаторів. Стабілізатори вводять до складу молочних продуктів для зміцнення їх структури та надання стійкості під час зберігання. В технології кисломолочних напоїв необхідні такі стабілізатори, які не впливають на процеси сквашування, легко розчиняються у сумішах, не погіршують органолептичну оцінку, збільшують в'язкість та усувають синерезис продукту [2]. Такими якостями володіє пектин, який ми обрали як стабілізатор молочної основи.

Важливою здатністю пектину, що обумовлює його застосування у харчових продуктах, крім його функціональних властивостей, є драглеутворення. Пектин виконує не тільки техноло-

ТЕХНОЛОГІЯ

гічну — структуроутворюючу функцію, але й надає продукту певних функціональних властивостей, тобто здатність нормалізувати мікрофлору шлунково-кишкового тракту людини і покращувати процес травлення. Комбінація кисломолочного напою, який є джерелом білку і кальцію, з полісахаридами рослинного походження, що стимулюють ріст і активацію корисної мікрофлори шлунково-кишкового тракту людини, посилює всмоктування кальцію, а також покращує стан шлунково-кишкового тракту у цілому. Поряд з цим пектин зв'язує і виводить із організму іони важких металів. Реологічні властивості отриманого напою обумовлює його консистенція, яка є однією з основних показників якості [1].

Важливий процес, який відбувається у виробництві кисломолочних напоїв, є формування згустку, якість якого визначає якісні показники продукту. Відомо, що коагуляція білків молока проходить в ізоелектричній точці, що відповідає рН 4,6...4,7. Саме в цій момент спостерігається масова коагуляція білків молока та утворюється згусток. Внесення пектину впливає на перебіг процесу сквашування. Тому, процес структуроутворення кислотних згустків додатково контролюється зміною титрованої та активної кислотностями.

Дослідження проводилися такими методами: титрована кислотність — згідно з ГОСТом 3624 — 92. Значення активної кислотності знаходили за допомогою рН-метра. Відбір проб для досліджень здійснювали кожної години.

Для дослідження зміни кислотності молочної суміші у процесі сквашування, готували зразки — контроль та суміш з пектином. Контроль отримували шляхом сквашування молока без стабілізатора. Досліджували вплив дозування пектину, як стабілізатора структури, на якісні параметри напою, а також досліджували зміну титрованої кислотності у процесі зберігання отриманого кисломолочного напою. Вміст пектину варіювався в межах 0,1 — 0,5 %.

Встановлено, що зі збільшенням масової долі пектину тривалість сквашування збільшується, а титрована кислотність зменшується. При внесенні пектину в кількості 0,5 % отримали продукт дуже щільної консистенції. Найкращими органолептичними властивостями володіли напої з масовою часткою пектину 0,4 %.

Зміна титрованої та активної кислотностей у процесі сквашування молочної суміші показано на рис. 1 — 2.

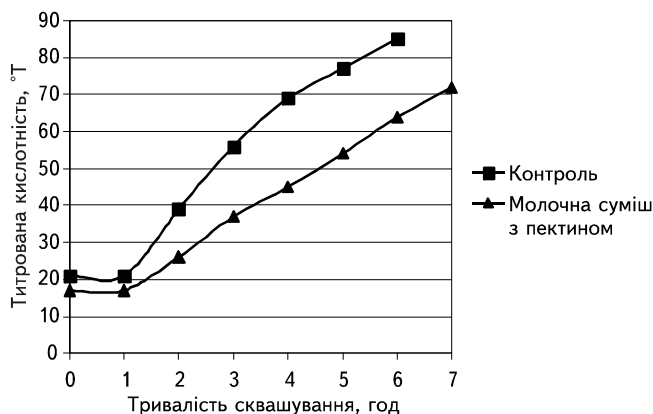


Рис. 1. Зміна титрованої кислотності суміші у процесі сквашування

Як видно з рис.1 протягом першої години титрована кислотність не змінюється, оскільки відбувається пристосування мікроорганізмів закваски до середовища, потім вона поступово зростає. У молочної суміші з пектином титрована кислотність спочатку була нижчою, ніж у контролі, на 4 °Т. Потім в процесі сквашування кислотність стала вище ніж у контролі на 23 — 25 °Т.

Як видно з рис. 2 активна кислотність у процесі сквашування в обох випадках знижується. Однак крива зміни активної кислотності у процесі сквашування молочної суміші з пектином

має більш плавний характер, ніж крива контролю. Не дивлячись на те, що в кінці процесу сквашування титрована кислотність суміші з пектином, була вищою, ніж контролю, активна кислотність його була нижчою.

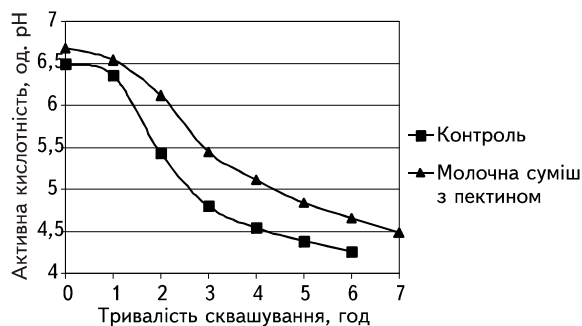


Рис. 2. Зміна активної кислотності суміші у процесі сквашування

Для визначення терміну зберігання отриманого напою щодня визначали значення титрованої кислотності доки готовий продукт не набував максимально допустимого її значення. Отримані дані показано на рис. 3.

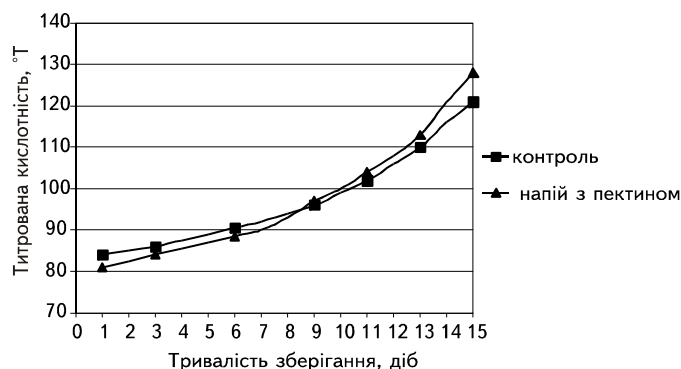


Рис. 3. Зміна титрованої кислотності напою у процесі зберігання

З рис. 3 видно, що введення пектину сприяє збільшенню титрованої кислотності готового продукту на 9°T та становить 128°T , що відповідає нормативному значенню. Таким чином, це дає змогу отримати кисломолочний напій з терміном придатності 15 діб при температурі $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Висновки. Обґрунтовано використання пектину як функціонального інгредієнту, так і стабілізатора структури кисломолочного напою. Встановлено вплив пектину на зміну кислотності молочної суміші у процесі сквашування, а також визначено термін зберігання отриманого напою, що складає 15 діб при температурі $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Результати проведених досліджень свідчать про доцільність використання пектину у виробництві кисломолочних напоїв. Завдяки використанню пектину підвищується харчова цінність напою, покращуються структурно-механічні властивості, продукт відповідає показникам якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Власенко В.В. Сучасний стан та перспективи виробництва кисломолочних продуктів функціонального призначення / В.В. Власенко, А.М. Соломон, Я.Б. Пауліна // Харчова наука і технологія. — 2009. — № 4(9). — С. 21 — 23.

ТЕХНОЛОГІЯ

2. Скорченко Т.А. Технологія незбираномолочних продуктів / Т.А. Скорченко, Г.Э. Поліщук, О.В. Грек, О.В. Кочубей. — Вінниця: Нова книга, 2005. — 264 с.

Обоснована целесообразность использования пектина, как функционального ингредиенту для производства кисломолочного напитка, а также его влияние на сквашивание молочной смеси. Установлена массовая часть пектина, как стабилизатора структуры, которая составляет 0,4 %. Приведены результаты исследований изменения титрированной и активной кислотностей в процессе сквашивания смеси для получения кисломолочного напитка и определен срок его хранения, который составляет 15 суток при температуре 4 ± 2 °С. Полученные данные могут быть использованы в молочной промышленности при производстве новых видов кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: функциональные ингредиенты, пектин, функциональные продукты, стабилизатор.

I. Goyko, I. Ivasenko

Research of influence of pectin is on ripening of suckling mixture for receipt of soul-milk drink

Expediency of the use of pectin is reasonable, as functional to the ingredient for the production of soul-milk drink of the functional setting, and also his influence on ripening of suckling mixture.

An of pectin performs the technological — cross — linking duty, gives to the product of certain functional properties, which consists in ability to normalize the microflora of gastrointestinal tract of man and improve the process of digestion.

Mass part of pectin is set, as a stabilizing agent of structure which presents 0,4 %.

Results over of researches of change of titration and active acidity are brought in the process of ripening of mixture for the receipt of soul-milk drink.

Shelf-life of soul-milk product which folds a 15 days at a temperature 4 ± 2 °С is certain.

Key words: functional ingredient, pectin, functional products, stabilizator.

Одержана редколегією 8.11.2011 р.

УДК 663.53.531

В.С. ЗУБЧЕНКО, канд. фіз.-мат. наук

Національний університет харчових технологій

О.П. ВІТРЯК, канд. техн. наук,**Л.В. ТКАЧЕНКО**, канд. техн. наук

Київський національний торговельно-економічний університет

ВПЛИВ ОСВІТЛЮВАЧІВ НА БІОЛОГІЧНУ СТІЙКІСТЬ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ БРОДІННЯ

Досліджено процес підвищення біологічної стійкості безалкогольного напою бродіння «чайний гриб» за рахунок внесення різних освітлювачів. Встановлено, що найкращий ефект збільшення прозорості напою бродіння з використанням культури *Medusomyces gisevii* V досягнуто за умов додавання комплексного освітлювача, який містить риб'ячий клей: бентоніт: біофайн у співвідношенні 1,2 : 80 : 1 відповідно. Результати досліджень можуть бути використані у виробництві безалкогольних напоїв бродіння для збільшення біологічної стійкості та досягнення регламентованого показника терміну зберігання.

Ключові слова: напої бродіння, змішана культура, «чайний гриб», біологічна стійкість, освітлювач.

Останнім часом на Україні високої популярності набули безалкогольні напої бродіння. Напої цієї групи містять збалансоване співвідношення амінокислот, ферментів, вітамінів, мінеральних речовин, завдяки чому мають позитивний медико-біологічний вплив на організм людини.

До безалкогольних напоїв бродіння, крім класичного хлібного квасу, відносять напій, приготовлений на основі «чайного грибу», який ще має назву «комбуча» [1]. «Чайний гриб» готують за допомогою зооглеї — слизової плівки, створеної целюлозоутворюючими оцтовокислими бактеріями, які у симбіозі з дріжджами входять до складу змішаної культури *Medusomyces gisevii* V. У процесі життєдіяльності мікроорганізмів культури утворюються діоксид вуглецю, невелика кількість етилового спирту, ферменти (протеаза, ліпаза, амілаза), органічні кислоти (оцтова, молочна, глюконова, яблучна), вітаміни, амінокислоти та інші біологічно активні речовини. В результаті зброджування чайно-цукрового розчину змішаною культурою мікроорганізмів одержують приємний газований, освіжаючий напій з кисло-солодким смаком [2, 3]. На сьогоднішній день доведено, що настій «чайного грибу» є ефективним при лікуванні захворювань печінки та жовчного міхура, хронічного ентероколіту, гострої дизентерії, гіпотонії, тонзиліту, скарлатини, грипу, нормалізує тиск у гіпертоніків, зміцнює та збалансовує діяльність центральної нервової системи [2].

Напої бродіння (навіть фільтровані) містять залишкові клітини змішаної культури мікроорганізмів, яку використовували для зброджування суслу. Тому, важливим показником даної групи напоїв є їх стійкість під час зберігання. Для непастеризованих напоїв бродіння цей показник регламентується терміном не менше 7 діб, а для пастеризованих — не менше 30 діб [4]. Існуюча технологія безалкогольних напоїв бродіння забезпечує термін зберігання за температури не вище 12 °С не більше двох діб, або передбачає термічну обробку, що призводить до зниження вмісту біологічно активних речовин у готовому напої та погіршенню його смакових якостей. Тому, пошук нових способів збільшення біологічної стійкості напоїв бродіння є актуальним завданням та має як наукове так і практичне значення.

© В.С. Зубченко, О.П. Вітряк, Л.В. Ткаченко, 2012

ТЕХНОЛОГІЯ

Метою даної роботи було дослідження дії освітлювачів на життєдіяльність мікроорганізмів культури *Medusomyces gisevii* V для підвищення біологічної стійкості напою бродіння «чайний гриб».

В якості об'єкта досліджень використовували напій бродіння «чайний гриб», який готували за допомогою змішаної культури мікроорганізмів *Medusomyces gisevii* V, що складається з оцтовокислих бактерій *Acetobacter xylinum* V та дріжджів *Zygosaccharomyces fermentati* V. Співвідношення дріжджів та оцтовокислих бактерій асоціації *Medusomyces gisevii* V становить у середньому 1:100 [5].

З освітлювачів використовували риб'ячий клей (в'язига), желатин, бентоніт, агар, танін та препарат «Біофайн» фірми «Квест». Тип освітлювача підбирали відповідно до причин помутніння зброженого сула. Враховували те, що існують освітлювачі з позитивним (+) і з негативним (–) електричними зарядами та відповідно до цього частинки з однойменними зарядами взаємно відштовхуються, різнойменні — взаємно притягуються [6, 7]. Припускали наявність білкового (+), колоїдного (–), біохімічного та мікробіологічного помутнінь. Вміст освітлювачів у робочих розчинах становив відповідно 0,25; 10; 1; 0,25; 0,25 та 0,5% згідно рекомендованих дозувань у виноробстві [7].

Якість освітлення контролювали за допомогою фотоелектроколометра за коефіцієнтом світлопропускання. Коефіцієнт світлопропускання дистильованої води становив 133,7 %. Вміст сухих речовин напою під час зберігання визначали рефрактометричним методом, а величину титрованої кислотності — електрометричним титруванням. В якості контролю у дослідженнях використовували необроблений освітлювачами напій.

Результати дослідження впливу різних освітлювачів на коефіцієнт світлопропускання напою бродіння «чайний гриб» наведено в таблиці.

За результатами проведених досліджень встановлено, що використання освітлювачів збільшує прозорість напою, приготовленого з використанням культури *Medusomyces gisevii* V. Високу ступінь освітлення за коефіцієнтом світлопропускання спостерігали при використанні таких освітлювачів, як риб'ячий клей у кількості $2,5 \times 10^{-3}$ г на 100 см^3 напою, бентоніт у кількості 0,3 г на 100 см^3 напою та «Біофайн» у кількості $3,0 \times 10^{-3}$ г на 100 см^3 напою.

Вплив різних освітлювачів на коефіцієнт світлопропускання напою бродіння

№ зразка	Назва, кількість освітлювача, мг/100 см ³ напою та його електричний заряд						Коеф. світлопропускання, %
	риб'ячий клей (+)	бентоніт (–)	агар (–)	желатин (+)	танін (–)	«Біофайн» (+)	
1 (контр.)	0	0	0	0	0	0	100,0
2	1,5	0	0	0	0	0	105,8
3	2,5	0	0	0	0	0	107,7
4	3,5	0	0	0	0	0	105,8
5	4,5	0	0	0	0	0	105,0
6	0	100	0	0	0	0	106,5
7	0	200	0	0	0	0	107,5
8	0	300	0	0	0	0	109,8
9	0	400	0	0	0	0	109,1
10	0	0	1,0	0	0	0	104,0
11	0	0	1,5	0	0	0	104,8
12	0	0	2,0	0	0	0	105,2
13	0	0	2,5	0	0	0	106,1
14	0	0	0	2,5	0	0	102,3
15	0	0	0	5,0	0	0	105,2
16	0	0	0	7,5	0	0	106,8
17	0	0	0	10,0	0	0	106,1
18	0	0	0	0	1,25	0	101,2
19	0	0	0	0	2,5	0	103,3
20	0	0	0	0	3,75	0	107,3
21	0	0	0	0	5,0	0	106,8
22	0	0	0	0	0	1,0	104,1
23	0	0	0	0	0	2,0	106,8
24	0	0	0	0	0	3,0	107,7
25	0	0	0	0	0	4,0	106,1
26	0	0	0	0	0	5,0	105,9

З метою оптимізації якості освітлення додатково визначали комплексну дію двох і більше освітлювачів методом математичного планування експерименту.

За критерій оптимізації (y) вибрано коефіцієнт світлопропускання напою. Вихідними факторами для трьохфакторного експерименту вибрано: риб'ячий клей (x_1) з діапазоном виміру $0 \leq x_1 \leq 6 \times 10^{-3}$ г на 100 см^3 напою, бентоніт (x_2) з діапазоном виміру $0 \leq x_2 \leq 0,4$ г на 100 см^3 напою та «Біофайн» (x_3) з діапазоном виміру $0 \leq x_3 \leq 5 \times 10^{-3}$ г на 100 см^3 напою.

Діапазони вимірів для кожного фактора досліджень добирали згідно рекомендацій щодо освітлення виноматеріалів [7]. Після проведення необхідної кількості дослідів відповідно матриці ортогонального планування трьохфакторного експерименту, розрахунку коефіцієнтів математичної моделі і оцінки їх значущості по критерію Стюдента отримали рівняння регресії, яке описує досліджуваний процес:

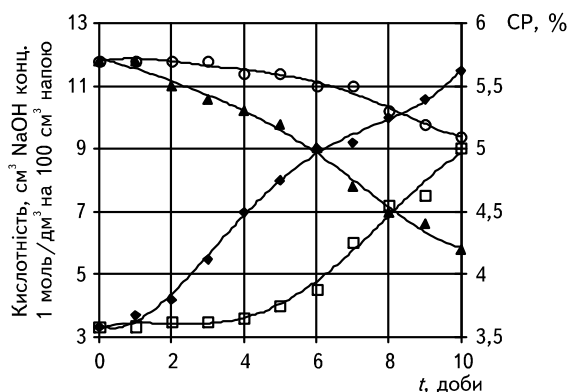
$$y = 97,913 + 4,424x_1 + 54,836x_2 + 3,793x_3 - 120,865x_2^2.$$

Отримане рівняння дало можливість визначити, що коефіцієнт світлопропускання досягає максимуму 117,25, коли x_1 дорівнює $3,37 \times 10^{-3}$, x_2 — 0,23, а x_3 — $2,87 \times 10^{-3}$. Дисперсія відтворювання становить 0,16; дисперсія адекватності — 1,02; критерій Фішера дорівнює 6,39. Табличне значення критерію Фішера більше ніж розрахункове, отже модель можна вважати адекватною.

Встановлено, що найкращий ефект освітлення напою бродіння при використанні для зброджування змішаної культури *Medusomyces gisevii* V, має використання комплексного освітлювача — риб'ячий клей : бентоніт : біофайн у співвідношенні 1,2 : 80 : 1 відповідно. Цей висновок було підтверджено результатами додаткових досліджень.

Для цього зразки напою, обробленого комплексним освітлювачем, витримували за температури $30 \text{ }^\circ\text{C}$ впродовж 10 діб. За цей період контролювали вміст сухих речовин напою — рефрактометричним методом та величини титрованої кислотності — електрометричним титруванням. Стійкими при зберіганні вважались зразки напою, органолептичні та фізико-хімічні показники яких залишались незмінними або не перевищували допустимі норми. Основним технологічним показником вважали загальну кислотність напою, яка повинна залишатися у межах від 2,5 до 4,5 см^3 NaOH концентрацією 1 моль/ дм^3 на 100 дм^3 напою.

Зміну вмісту сухих речовин та кислотності під час зберігання напою освітленого комплексним освітлювачем та контрольного необробленого зразка представлено на рис. 1.



- ◆ кислотність контролю
- кислотність напою, обробленого комплексним освітлювачем
- ▲ СР контролю
- СР напою, обробленого комплексним освітлювачем

Рис. 1. Вплив комплексного освітлювача на динаміку сухих речовин та титрованої кислотності в процесі зберігання напою

ТЕХНОЛОГІЯ

Як показують одержані дані зміни вмісту сухих речовин та кислотності для дослідного зразка напою, який обробляли комплексним освітлювачем, відбуваються значно повільніше порівняно з контрольним варіантом. Можна відмітити, що на 8-му добу зберігання кислотність дослідного зразка не перевищує критичної границі ($4,5 \text{ см}^3 \text{ NaOH}$ концентрацією 1 моль/дм^3 на 100 дм^3 напою). Водночас кислотність контрольного зразка вже на 4-ту добу досягає граничної величини. Це свідчить про те, що використання комплексного освітлювача дає змогу видалити крім колоїдних речовин, частково клітини мікроорганізмів, що підтверджує висока прозорість освітленого напою. Таким чином, досягається збільшення біологічної стійкості напою, обробленого комплексним освітлювачем, до регламентованих 7 діб.

Висновки. За результатами проведених досліджень показано, що підвищення біологічної стійкості безалкогольного напою бродіння «чайний гриб» можна досягнути за рахунок внесення різних освітлювачів.

Встановлено, що найкращий ефект збільшення прозорості напою бродіння «чайний гриб» при використанні для зброджування культури *Medusomyces gisevii* V, досягнуто за умов використання комплексного освітлювача, який містить риб'ячий клей : бентоніт : біофайн у співвідношенні 1,2 : 80 : 1 відповідно. Встановлено, що використання комплексного освітлювача сприяє збільшенню біологічної стійкості напою до 7 діб.

Результати досліджень можуть бути використані у виробництві безалкогольних напоїв бродіння для збільшення біологічної стійкості та досягнення регламентованого показника терміну зберігання.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Günter W. Frank. Kombucha / Günter W.* — Verlag: Ennsthaler Verlag, A-4402 Steyr, 1999. — 159.
2. *Казаринова А. Чудо-свойства чайного гриба / Казаринова А.* — СПб.: ЗАО «Весь», 2000. — 101 с.
3. *Хачатрян В. Чайный гриб / Хачатрян В.* — СПб.: 1999. — 40с.
4. *ДСТУ 4069-2002 Напої безалкогольні. Загальні технічні умови.* — Введ.01.10.2002. — Київ: Держстандарт України, 2002.
5. *Патент 29795 України, МКИ6 А 23 L 2/00, С 12 С 3/00. Асоціація мікроорганізмів Medusomyces gisevii V для одержання безалкогольних напоїв бродіння.* / В.Л.Прибильський, В.А.Домарецький, О.П.Вітряк. — №97063367; Заявл. 27.06.1997; Опубл. 29.12.1999, Бюл.№8; 15.11.2000, Бюл. №6-II.
6. *Виноградарство та виноробство (на фермерських господарствах та в домашніх умовах): [навчальний посібник] / В.М. Малик, В.О. Домарецький, В.М. Ісаєнко, О.С. Луканін.* — К.: ІСДО, 1994. — 304 с.
7. *Лабораторный практикум по курсу «Технология вина» /А.А. Мерджаниан, В.Ф. Монастырский, И.Б. Платонов и др. / Под ред. А.А. Мерджаниана.* — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. — 216 с.

Проведены исследования повышения биологической стойкости безалкогольного напитка брожения «чайный гриб» за счет внесения разных осветлителей. Установлено, что наилучший эффект увеличения прозрачности напитка при использовании для брожения культуры *Medusomyces gisevii* V, достигнуто при использовании комплексного осветлителя, который состоит из рыбного клея : бентонита : биофайна в соотношении 1,2 : 80 : 1 соответственно. Результаты исследований могут быть использованы в производстве безалкогольных напитков брожения для увеличения биологической стойкости и достижения регламентированного показателя срока хранения.

Ключевые слова: напитки брожения, смешанная культура, «чайный гриб», биологическая стойкость, осветлитель.

V. Zubchenko, O. Vitriak, L. Tkachenko***Clarifier' influence on fermented soft drinks biological stability***

Process of fermented soft drink «tea mushroom» biological stability increase with the help of different clarifiers addition has been investigated. It is established that the best effect of fermented drink transparency increase with culture *Medusomyces gisevii* V application is achieved due to complex clarifier that contains fish glue : bentonite : biofine in ratio 1,2 : 80 : 1 correspondently. It is also shown that complex clarifier application encourages biological stability increase to 7 days.

Results of investigations may be used in fermented soft drinks production for biological stability increase and regulated indication of keeping time achievement.

Key words: fermented drinks, mixed culture, «tea mushroom», biological stability, clarifier.

Одержана редколегією 27.10.2011 р.

В.С. ЗУБЧЕНКО, канд. фіз.-мат. наук

Національний університет харчових технологій

Н.І. БЕРЕЗОВСЬКА, канд. хім. наук,

Л.Я. ПАЛЯНИЦЯ, канд. хім. наук,

Р.Б. КОСІВ, канд. техн. наук

Національний університет «Львівська політехніка»

Л.В. ТКАЧЕНКО, канд. техн. наук

УкрНДІспиртбіопрод

ВПЛИВ ДРІЖДЖОВИХ ЛІЗАТІВ НА КУЛЬТИВУВАННЯ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ

Досліджено процес культивування молочнокислих бактерій у квасному суслі з додаванням дріжджових лізатів. Показано, що використання дріжджових лізатів прискорює даний процес і сприяє збільшенню швидкості нагромадження кислот на 30 – 32 % у порівнянні з контролем. На основі експериментальних досліджень встановлено, що для культивування молочнокислих бактерій, які використовують у виробництві хлібного квасу, доцільним є додавання до квасного сусла лізатів хлібопекарських і пивних дріжджів у кількості 6 % від об'єму середовища, тому що призводить до підвищення інтенсифікації процесу кислотоутворення.

Ключові слова: молочнокислі бактерії, культивування, квасне сусло, дріжджові лізати.

Основною тенденцією розвитку сучасної харчової та переробної промисловості є пошук нових раціональних технологій і ресурсів, збільшення асортименту продукції та розширення сировинної бази, використання вторинних продуктів переробки та розроблення безвідходних технологій [1].

Серед мікроорганізмів, які використовують у харчових виробництвах особливої уваги заслуговують молочнокислі бактерії, що мають властивість за певних умов нагромаджувати молочну кислоту, продукувати інгібуючі та антибіотичні речовини з широким спектром дії на стафілококи, стрептококи, спорозносні бактерії, мікобактерії, актиномицети, на збудники черевного тифу, дизентерії, дифтерії та туберкульозу та ін. [2].

Чисті культури молочнокислих бактерій широко використовуються для приготування ферментованих напоїв і квасу, а також під час підбору та виділення нових штамів, які мають антагоністичні властивості стосовно супутньої мікрофлори.

Виробництво напоїв бродіння, зокрема квасу, передбачає використання колекційних чистих культур мікроорганізмів: молочнокислих бактерій і дріжджів.

Для забезпечення типового молочнокислого бродіння, при якому відсутній розвиток інших кислотоутворюючих мікроорганізмів, обов'язкове застосування чистих культур молочнокислих бактерій та створення оптимальних умов для їх розмноження у квасному суслі. У зв'язку з тим, що ензиматичний апарат молочнокислих бактерій простіший у порівнянні з іншими мікроорганізмами, вони мають дуже обмежену здатність до синтезу багатьох біологічно важливих речовин і тому молочнокислі бактерії відносяться до найбільш вимогливих мікроорганізмів щодо складу поживного середовища. Для нормального росту та розвитку молочнокислими бактеріям необхідні субстрати з органічними формами нітрогену, вітаміни, піримідинові основи та ростові речовини [3].

© В.С. Зубченко, Н.І. Березовська, Л.Я. Паляниця, Р.Б. Косів, Л.В. Ткаченко, 2012

Дріжджові лізати є джерелами таких речовин. Вони містять комплекс амінокислот, вітамінів, ферментів та знайшли використання у різних галузях харчової промисловості: в виноробстві для прискорення дозрівання шампанського [4]; у пивоварінні для скорочення тривалості витримки пива [5]; у дріжджовому виробництві для підвищення швидкості росту і виходу товарних дріжджів [6]; для пришвидшення бродіння у хлібопеченні та виробництві спирту [7, 8]. Отже, збагачення поживних середовищ біологічно активними речовинами залишається актуальною проблемою і має практичне.

Метою досліджень було вдосконалення способів культивування молочнокислих бактерій шляхом додавання до поживних середовищ лізатів і екстракту дріжджів.

Об'єктами досліджень були молочнокислі бактерії штамів 11 і 13. Культивування бактерій здійснювали у квасному суслі з вмістом сухих речовин 8,5 % за температури 30 °С впродовж 3 діб. Процес контролювали за змінами величин рН і титрованої кислотності. Показник титрованої кислотності є непрямим для відображення накопичення у середовищі молочної кислоти.

Як джерела азотного живлення та ростових речовин використовували лізати двох зразків пивних дріжджів (Л1 і Л2), лізат хлібопекарських дріжджів (Л3), дріжджовий екстракт промислового зразка (Е). Лізати дріжджів одержували шляхом обробки дріжджової суспензії ультразвуковими коливаннями при частоті 22 кГц в диспергаторі УЗДН-2Т з магнітострикційним експоненційним випромінювачем. Ефективність використання добавок визначали у порівнянні з контрольним дослідом (К) — культивуванням молочнокислих бактерій у квасному суслі без додавання лізатів. Кількість дріжджових лізатів в усіх дослідках була однаковою і становила 6 % від об'єму середовища.

Додавання до квасного суслу лізатів пивних і хлібопекарських дріжджів, дріжджового екстракту веде до підвищення рН середовища близько на 0,2 одиниці. Результати досліджень (рис. 1) показали, що характер зміни значення рН є аналогічним для усіх дослідів.

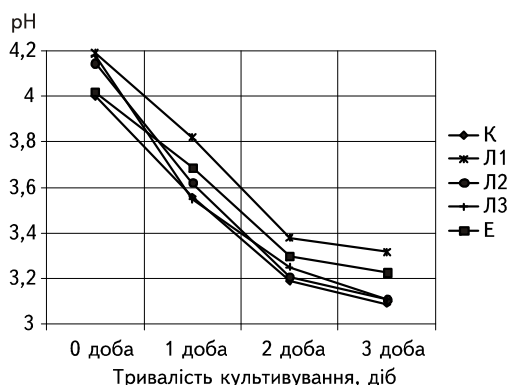


Рис. 1. Динаміка зміни значення рН квасного суслу при культивуванні молочнокислих бактерій з внесенням різних ростових речовин

При додаванні лізату пивних дріжджів (Л2) та лізату хлібопекарських дріжджів (Л3) спостерігали найбільше зниження величини рН, що вказує на позитивний вплив цих добавок на розмноження молочнокислих бактерій.

Одержані результати підтверджуються даними зміни титрованої кислотності під час культивування молочнокислих бактерій (рис. 2). Зокрема, при внесенні у поживне середовище лізату хлібопекарських дріжджів (Л3) та лізату пивних дріжджів (Л2) відзначали підвищення середньої швидкості утворення молочної кислоти відносно контролю на 32,7 і 30,9 % відповідно. У випадку використання лізату пивних дріжджів (Л1) та дріжджового екстракту кількість утворення молочної кислоти була менша, ніж у контролі.

ТЕХНОЛОГІЯ

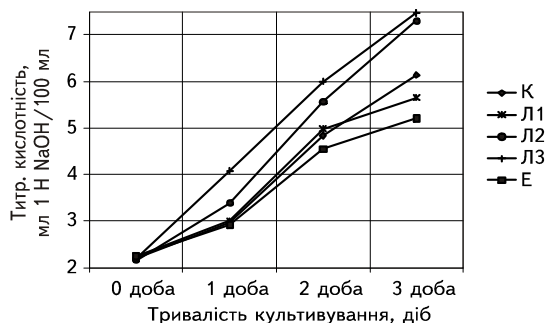


Рис. 2. Динаміка зміни титрованої кислотності при культивуванні молочнокислих бактерій з використанням добавок

Висновки. На основі експериментальних досліджень встановлено, що для культивування молочнокислих бактерій, які використовують у виробництві хлібного квасу, доцільним є додавання до квасного сусла лізатів хлібопекарських і пивних дріжджів у кількості 6 % від об'єму середовища.

Внесення лізатів хлібопекарських і пивних дріжджів призводить до підвищення інтенсифікації процесу кислотоутворення: дає змогу збільшити швидкість утворення молочної кислоти на 30 – 32 % .

ЛІТЕРАТУРА

1. Домарецький В.А. Технологія екстрактів, концентратів, напоїв із рослинної сировини / В.А. Домарецький. — Вінниця, 2005. — 408с.
2. Квасников Е.И. Молочнокислые бактерии и пути их использования / Е.И. Квасников, О.А. Нестеренко — М.: 1975.
3. Осадчая А.И. Влияние источников углерода и азота на рост и развитие лактобактерий. / А.И. Осадчая, С.Ф. Прокопченко, И.А. Василевская // Микробиол. журн. — 1990. — 52, № 3. — с. 34 – 40.
4. Авакянц С.П. Биохимические основы технологии шампанского / — М.: Пищ. пром-сть, 1980. — С. 211 – 240.
5. Мелетьев А.Е. Исследование автолиза пивных дрожжей и влияние добавки автолизата на созревание пива: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / КТИПП, 1970.
6. Сулейманов С.Г. Дрожжевой автолизат как стимулятор роста пекарских дрожжей // Тез. докладов 8 Конф. мол. ученых и спец., посвящ. 60-летию образ. Моск. технол. ин-та пищ. пром-сти. — М. — 1991. — С. 92 – 930.
7. Влияние дрожжевого автолизата и некоторых его фракций на дрожжегенерацию и скорость спиртового брожения / Войнарский И.Н., Латов В.К. и др. / Тез. докл. Всес. конф. «Достиж. биотехнол.-агропром. Комплекса». — Черновцы. — 1991. — С. 134.
8. Косів Р.Б. Вплив продуктів автолізу на їх бродильну активність : матеріали конференції / Р.Б. Косів, Л.Я. Паляниця. — УДУХТ, Київ, 2001.

Проведены исследования процесса культивирования молочнокислых бактерий в квасном сусле с добавлением дрожжевых лизатов. Показано, что использование дрожжевых лизатов ускоряет данный процесс и приводит к увеличению скорости образования кислот на 30 – 32 % по сравнению с контролем. На основе экспериментальных исследований установлено, что при культивировании молочнокислых бактерий, которые используют в производстве хлебного кваса, внесение в квасное сусло лизатов хлебопекарских и пивных дрожжей в количестве 6 % от объема среды, является целесообразным, так как способствует увеличению интенсивности процесса.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, культивирование, квасное сусло, дрожжевые лизаты.

**V. Zubchenko, N. Berezovska, L. Paliantsya,
R. Kosiv, L. Tkachenko**

Influence of yeast lysates on the cultivation of lactobacillus bacteria

The aim of the research is improvement of cultivation methods of lactobacillus bacteria by means of addition of yeasts extract and lysates to nutrient medium.

The process of cultivation of berries in rye bread with addition of yeast lysates is investigated.

With the help of experimental investigation it is determined that for cultivation of lactobacillus bacteria, which are used in the process of bread kvass manufacturing, the addition of bakery and beer yeast lysates in amount of 6 % of nutrient medium volume is reasonable. It was shown that their use is intensified by this process and conduces to the increase speed of production of acids on 30 – 32 % in comparing to control.

Key words: lactobacillus bacteria, cultivation, rye bread, yeast lysates.

Одержана редколлегією 08.02.2011 р.

ТЕХНОЛОГІЯ

УДК 637.107

С.І. УСАТЮК, канд. техн. наук,
Т.А. КОРОЛЮК, канд. техн. наук,
А.В. ВОЗНЮК, науковий співробітник,
Г.Л. ДЕМЧИНА, науковий співробітник,
Л.В. ЦАБІЛЕВА, інженер
Національний університет харчових технологій

КИСЛОМОЛОЧНІ НАПОЇ З НАПОВНЮВАЧЕМ З ПРОРОЩЕНОГО ЖИТА

У статті наведено основні технологічні етапи отримання кисломолочного напою з додаванням пророщеного жита.

Встановлено оптимальні умови для пророщування жита та співвідношення молока і жита в рецептурі напою. Підібрано форму наповнювача для внесення до напою. Обрано бактеріальний препарат для сквашування молока.

Отриманий кисломолочний напій збагачений поживними речовинами завдяки додаванню пророщеного жита.

Ключові слова: молоко, сквашування, кисломолочний напій, пророщене жито, бактеріальний препарат.

Розробка і випуск функціональних продуктів, які містять мікроорганізми-пробіотики, є перспективним напрямом наукових досліджень.

Кисломолочні напої, до складу яких входять натуральні корисні інгредієнти, користуються попитом у споживачів. В якості натуральних добавок використовують різноманітні біологічні добавки: злаки, рослинні екстракти, композиції злаків і фруктів [1, 2].

Додавання злаків надає продуктам антиоксидантних і радіопротекторних властивостей.

Найбільш раціонально використовувати злаки у пророщеному вигляді, оскільки в результаті пророщування вміст корисних речовин збільшується в 2...4 рази порівняно з вихідним «сплячим зерном» [3].

Враховуючи рекомендації спеціалістів з харчування щодо обмеженого споживання тваринних, в тому числі молочних жирів, підприємства молочної промисловості збільшують обсяги виробництва знежирених продуктів. Разом з молочним жиром з продуктів видаляються жиророзчинні вітаміни.

Споживання продуктів, отриманих з пророщеного зерна, стимулює обмін речовин і процеси кровотворення, підвищує імунітет і компенсує нестачу вітамінів.

На кафедрі технології функціональних харчових продуктів Національного університету харчових технологій було розроблено рецептуру нового кисломолочного напою з додаванням пророщеного жита.

Метою досліджень було встановлення оптимальних параметрів пророщування жита (наповнювача), підбір форми наповнювача для внесення до напою, підбір заквасок для цього напою і визначення їх кількості.

Як основу для напою використовували нормалізоване коров'яче молоко з жирністю 2,5 %.

Пророщування жита проводили в лабораторних умовах повітряно-водяним способом при температурі 12..15 °С та вологості 44...48 %.

© С.І. Усатюк, Т.А. Королюк, А.В. Вознюк, Г.Л. Демчина, Л.В. Цабілева, 2012

ТЕХНОЛОГІЯ

Оптимальною тривалістю пророщування жита є 4 доби. За такий проміжок часу вміст білку досягнув значення — 14,5г/100г. На п'яту добу пророщування зростання білку несуттєве (14,6г/100г). Вміст білку в житі визначали за методом Кьельдаля.

Таблиця 1. Залежність вмісту білку від тривалості пророщування жита

Тривалість пророщування, діб	Вміст білку, г/100г
1	9,9
2	11,7
3	13,3
4	14,5
5	14,6

Амілолітична активність ферментів зростає у 4,9 рази.

При виборі бактеріального препарату за критерій брали тривалість сквашування молока. Для досліджень використовували 3 види заквасок.

Мінімальну тривалість сквашування молока (5 годин) було встановлено під час використання бактеріального препарату, до складу якого входять ліофілізовані бактерії *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* і *Lactobacillus acidophilus* і лактулозу.

Наповнювач вносили у молоко у подрібненому стані. Ступінь подрібнення жита залежить від тривалості подрібнення.

Проаналізувавши експериментальні дані, можна зробити висновок, що оптимальним є ступінь подрібнення жита з розміром частинок не більше 200 мкм, чого можна досягти при тривалості подрібнення 5 хв.

Важливим показником кисломолочного продукту є значення рН. Від цього показника залежить колоїдний стан білків молока, умови розвитку мікрофлори, їх вплив на процеси сквашування та дозрівання, швидкість досягнення типових для даного напою смаку і запаху. Значення активної кислотності визначається кількістю бактеріального препарату, який використовують для сквашування молока. Згідно з ТУ 4343:2004 «Кисломолочні напої», значення активної кислотності повинно становити 4,6 – 4,8. Шляхом варіювання кількості бактеріального препарату при сталих умовах сквашування (співвідношення молоко:жито 80:20, $t = 37$ °С, тривалість сквашування 5 год), було встановлено оптимальну кількість препарату — 3 % від маси продукту.

Таблиця 2. Зміна активної кислотності молока в процесі сквашування

Тривалість сквашування, год.	Активна кислотність (рН)
1	6,5
2	6,2
3	5,9
4	5,4
5	4,6

Висновки. В результаті досліджень було отримано кисломолочний продукт з присмаком жита, який має приємний смак і запах.

Використання способу отримання кисломолочного напою з наповнювачем з пророщеного жита при виробництві молочних продуктів буде сприяти розширенню асортименту продуктів, корисних для здоров'я людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тихомирова Н.А. Современное состояние и перспективы развития продуктов функционального питания // Молочная промышленность. — 2009. — № 7.

ТЕХНОЛОГІЯ

2. *Кравцова О.В.* Удосконалення технологій кисломолочного напою з харчовими волокнами «Фіброгам» / О.В. Кравцова, Т.А. Скорчено // Молочное дело. — 2008. — № 5.

3. *Сахрынин М.Н.* Молочные продукты с наполнителем из проросшей пшеницы / М.Н. Сахрынин, Мусина О.Н. // Молочная промышленность. — 2006. — № 9.

В статье приведены основные технологические этапы получения кисломолочного напитка с добавлением пророщенной ржи.

Определены оптимальные условия для проращивания ржи и соотношение молока и ржи в рецептуре напитка. Подобрана форма наполнителя для добавления в напиток. Выбран бактериальный препарат для сквашивания молока.

Полученный кисломолочный напиток обогащен питательными веществами за счет добавления пророщенной ржи.

Ключевые слова: молоко, сквашивание, кисломолочный напиток, пророщенная рожь, бактериальный препарат.

**S. Usatuk, T. Koroluk, A. Voznuk,
G. Demchyna, L. Tsabileva**

Sour milk products with addition of germinated rye

The investigations carried out about producing sour milk product with addition of germinated rye. Chosen mode of rye germination helps increase protein contain in the product and amilolitic activity enzyme.

By the investigations the optimal proportion of milk and germinated rye in the product was found (80:20).

Usage of natural addition from germinated rye meliorates organoleptic properties of the product and helps provide necessary quality of the beverage.

The minimal souring time (5 hours) was found while souring milk by bacterial preparation including *Streptococcus salivarius ssp, Thermophilus, Lactobacillus bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus* cultures. Souring was carried out at the temperature 37 °C, during 5 hours.

Optimal quantity of the bacterial preparation (3 % of the product mass) was determined by the experimental way. Such quantity of the bacterial preparation provides necessary active acidity of the product.

The beverage has biological value and pleasant taste. Consuming of the product helps compensate for the lack of vitamins in nutrition of people and stimulate metabolism. The technology may be recommended to be inculcated in milk produce industry.

Key words: milk, souring, sour milk product, germinated rye, bacterial preparation.

Одержана редколегією 23.09.2011 р.

УДК 664.1-631:34

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

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Визначено перспективи розвитку інноваційних харчових технологій в Україні як єдино доцільний, економічно обґрунтований, підтверджений багаторічною діяльністю шлях передових країн світу. Інноваційний розвиток індустрії здорового харчування дасть можливість у короткі терміни збільшити у декілька разів обсяг виробництва оздоровчої продукції, котрий зараз складає 1...2 %.

Ключові слова: оздоровчі продукти, інновації, інноваційне харчове підприємство, інноваційний потенціал, продовольча безпека.

Сучасні зміни у харчовій промисловості пов'язані передусім з необхідністю забезпечити всі верстви населення доступними оздоровчими продуктами, оскільки стан здоров'я людини безпосередньо залежить від структури і якості харчування [1].

Тому саме харчова індустрія нині перетворюється на важливу складову охорони здоров'я і посідає особливе місце у сфері інтелектуальної та виробничої діяльності людини.

Простий аналіз тенденцій розвитку світового ринку свідчить про те, що щорічно асортимент традиційних харчових продуктів збільшується всього на 2...3 %, а продуктів для оздоровчого харчування — на 40...50 %. На жаль, в цьому напрямі ми значно відстали від країн Америки, Японії, Західної Європи. І саме завдяки розробленню і широкому використанню інноваційних технологій у харчовій промисловості Україна має шанс ліквідувати це відставання.

«Інновації у харчовій промисловості» — настільки нове для України поняття, що не має відповідного визначення. Тому на основі законодавчих документів [2] пропонується формулювання: «Інноваційне харчове підприємство (ІХП) — це модель організації сучасного виробництва, орієнтована на розроблення та реалізацію інноваційної харчової продукції і яка поєднує в собі принципи ринкової економіки та державного регулювання цією найважливішою сферою життєдіяльності суспільства».

Необхідними елементами ефективності ІХП є: інноваційний потенціал, тобто сукупність висококваліфікованих кадрів, фінансово-економічних можливостей, необхідних для забезпечення діяльності підприємства; інноваційна культура як самостійний елемент і як складова інноваційного потенціалу.

Для виробництва інноваційних продуктів необхідно вирішити ряд взаємопов'язаних проблем технологічного, організаційного та економічного характеру:

- створення нових технологій харчової продукції на основі традиційної і нетрадиційної сировини;
- організація сервісу у забезпеченні новою продукцією споживачів;
- ціноутворення;
- потужна маркетингова служба;
- стимулювання збуту за допомогою дійової реклами нової продукції;
- контроль сировини та продукції по всьому ланцюжку виробництва — від сировини до готового продукту, а також в мережах реалізації продукції;
- моніторинг інноваційної діяльності підприємства, тобто систематичний збір інформації про випуск і реалізацію продукції, оброблення та аналіз даних про стан інноваційних процесів

ТЕХНОЛОГІЯ

на підприємстві, практичні результати діяльності підприємства у реалізації пріоритетних напрямів створення інноваційної продукції.

Вирішення усіх зазначених питань дає можливість організувати діяльність ІХП на сучасному рівні (рис. 1).

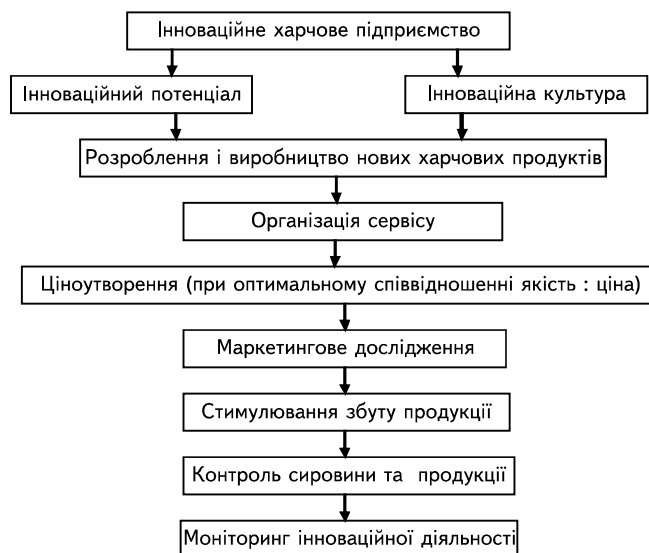


Рис. 1. Технологічні, організаційні та економічні аспекти діяльності інноваційного харчового підприємства

Проблема організації і діяльності ІХП досить складна. Однак, цим шляхом іде зараз увесь світ. За останні десятиліття споживачі, розуміючи взаємозв'язок між харчуванням і здоров'ям, приділяють велику увагу саме продуктам для здоров'я. Поширення відомостей щодо здорового харчування для попередження і розвитку хвороб зумовили появу і стрімкий ріст ринку функціональних харчових продуктів, які власне і представляють інноваційну продукцію.

Так, у 2007 р. 52 % американців регулярно купують і вживають продукти функціонального призначення. Лише в США витрати на купівлю харчових біодобавок і функціональних харчових продуктів у 2009 р. перевищили позначку 25 млрд. дол.

У країнах ЄС ринок функціональних харчових продуктів у 2006 р. досяг 15 млрд. дол., у Японії — 5,73 млрд. дол. У 2009 р. ринок функціональних харчових продуктів перевищив 100 млрд. дол. і за деякими оцінками склав 167 млрд. дол. [3].

Ці цифри підтверджують незаперечний факт, що подальший шлях розвитку всіх галузей економіки, в тому числі харчової промисловості, може здійснюватись лише на основі інновацій.

Основними перевагами впровадження інноваційних технологій є [4, 5]:

— можливість у короткі терміни ліквідувати відставання України у галузі виробництва і реалізації широкого спектру оздоровчих продуктів;

— постійне розширення внутрішніх і зовнішніх ринків харчової продукції;

— створення нових робочих місць і зростання зайнятості населення;

— зацікавленість виробників у створенні якісної продукції, що забезпечує високу рентабельність виробництва, швидку окупність вкладених коштів, можливість розширення виробництва;

— зацікавленість споживачів у розвитку інноваційної діяльності, оскільки вони отримують продукцію високої якості за доступними цінами;

— зацікавленість держави, оскільки зростає валовий внутрішній продукт, обсяги реалізації, зростання бюджетних коштів;

- зростання інвестиційної привабливості для іноземних інвесторів і приплив іноземних капіталів для розширення вітчизняного виробництва;
- зростання конкурентоспроможності вітчизняної харчової продукції, що є надійною гарантією членства України у Світовій організації торгівлі;
- ефективне використання науково-технічного потенціалу наукових розробок;
- досягнення продовольчої безпеки у сфері нових харчових продуктів.

Доцільно цей останній пункт прокоментувати більш детально. Продовольча безпека є одним із найважливіших видів національної безпеки. У вузькому розумінні категорія «безпека» визначає стан захищеності життєво важливих інтересів особистості, суспільства та держави від внутрішніх і зовнішніх загроз [6].

Країна вважається захищеною від експансії зарубіжної продукції, якщо не менше 80 % харчових продуктів виробляється вітчизняними підприємствами. З 2005 р. Україна вийшла на цей рівень. А от стосовно продовольчої безпеки оздоровчої продукції, то це справа майбутнього, над яким усім нам працювати.

На сьогоднішній день державна політика продовольчого забезпечення визначається як наявність у держави необхідних для цього можливостей (механізмів, важелів, стимулів, інструментів, засобів, заходів, ефективних управлінських рішень) для підтримання відповідного стану захищеності населення країни від недостатнього харчування, а у виняткових випадках — від голоду.

З точки зору розвитку інноваційної діяльності у харчовій промисловості можна стверджувати, що функції держави полягають у налагодженні достатнього виробництва якісної сільськогосподарської сировини та продукції оздоровчого призначення, яка б забезпечувала населення достатньою кількістю білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мікроелементів та інших БАР з наявністю певних обсягів їх резервування на регламентований термін з урахуванням впливу непередбачуваних ризиків.

Впровадження інноваційних технологій у харчову промисловість можна буде вважати ефективним, якщо ринкова кількість продовольства, і в першу чергу, оздоровчого призначення, перевищуватиме мінімальну потребу населення країни у таких продуктах, а вартість збалансованого добового раціону за ринковими цінами буде доступною для всіх верств населення.

Наприклад, на сьогодні потреба у хлібопродуктах оздоровчої дії становить щонайменше 50 % від усієї продукції, а виробляється її не більше 1 %.

Україна має всі необхідні соціальні і економічні умови для створення інноваційної продукції і впровадження її у виробництво. Це значні природні сировинні ресурси, потенційно придатні для перероблення на оздоровчі продукти; структура харчової промисловості, яка дає можливість організувати виробництво оздоровчих продуктів на підприємствах різного масштабу; підвищення попиту на оздоровчі продукти, пов'язане з несприятливими екологічними чинниками, формуванням культури харчування, усвідомленням індивідуальної відповідальності за власне здоров'я; широкі експортні можливості такої продукції, оскільки на світовому ринку від закордонних аналогів її буде відрізняти значно нижча ціна при гарантованій якості.

Висновки. Традиційне харчування не забезпечує потреб сучасної людини у найважливіших нутрієнтах. Основним напрямом розвитку цивілізованого ринку є поступова заміна традиційного асортименту харчових продуктів на оздоровчі (в т. ч. функціональні) і цей напрям визначено резолюцією Всесвітньої асамблеї охорони здоров'я під назвою «Глобальна стратегія ВООЗ у галузі харчування, фізичної активності і здоров'я» (2004 р.). Єдиним реальним шляхом реалізації цього завдання є інноваційний розвиток харчових технологій як в межах однієї країни, так і на планеті в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Возіанов О.Ф.* Харчування та здоров'я населення України (концептуальні основи національного харчування) / О.Ф. Возіанов // Журн. АМН України. — 2002. — Т. 8. — № 4. — С. 647 — 657.
2. *Збірник законодавчих і нормативних документів з науково-технічної, інноваційної діяльності та трансферу технологій.* — К. : УкрІНТЕІ, 2006. — С. 284.

ТЕХНОЛОГІЯ

3. *Полумбрик М.О.* Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М.О. Полумбрик. — К. : Академперіодика, 2011. — 487 с.
4. *Закон України* «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» № 433 від 16 січня 2003 р. // ВВР. — 2003. — № 13.
5. *Кондрашов О.М.* Стан та ефективність інноваційної діяльності в промисловості України / О.М. Кондрашов, М.Т. Пашута. — К. : Науковий світ, 2001. — 51 с.
6. *Шевченко О.О.* Розвиток державної політики продовольчого забезпечення України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра наук з держ. управління: спец. 25.00.02 «Механізми державного управління» / О.О. Шевченко. — К., 2009. — 40 с.

Определены перспективы развития инновационных пищевых технологий в Украине как единственно целесообразный, экономически обоснованный, подтвержденный многолетней деятельностью путь передовых стран мира. Инновационное развитие индустрии здорового питания даст возможность в короткие сроки увеличить в несколько раз объем производства оздоровительной продукции, который сейчас составляет 1...2 %.

Ключевые слова: оздоровительные продукты, инновации, инновационное пищевое предприятие, инновационный потенциал, продовольственная безопасность.

G. Simakhina

Innovative technologies in food industry

The author of this article had determined the perspectives of innovation food technologies development in Ukraine as the most expedient, economically proved way, confirmed by long-time activity in high-developed countries of the world.

There was shown that the main trend of civilized market's development is the gradual change of traditional foodstuff assortment to non-traditional (including those functional). This trend got determined by resolution of World Health Assembly which underlines the global strategy in nutrition, physical activity and health (implemented in 2004). The author of the article emphasizes that the only real way to resolve this problem is the development of innovative technologies — both within one country and on the entire planet.

Implementation of innovative technologies into food industry is considered efficient only if the market quality of foodstuff (first of all, the healthy food products) will exceed the minimal people's needs in such products, and the market cost of balanced daily diet will be accessible for all the categories of people.

Key words: healthy products, innovations, innovative food enterprise, innovative potential, food safety.

Одержана редколлегією 09.11.2011 р.

УДК 664.1-663

Г.О. СИМАХІНА, д-р техн. наук,

О.М. КОРИХАЛОВА

Національний університет харчових технологій

ТЕХНОЛОГІЯ КОНЦЕНТРАТИВ БІОФЛАВОНОЇДІВ НА ОСНОВІ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

В роботі досліджено широкий спектр лікарських рослин і на їхній основі запропоновано технологію концентратів з максимальним вмістом біофлавоноїдів (30...70 %), призначених як для безпосереднього використання, так і для збагачення традиційних харчових середовищ. Технологія може бути впроваджена на діючих харчових та фармацевтичних підприємствах.

Ключові слова: антирадикальна активність, поліфенольні сполуки, дезінтеграція, екстрагування, вакуум-концентрування.

Використання концентратів з природних джерел біофлавоноїдів як у харчовій, так і в фармацевтичній промисловості дає можливість забезпечити споживача харчовими продуктами та лікарськими засобами з оптимальним вмістом антиоксидантів різної біологічної активності.

Тому проблема пошуку нових рослинних джерел біофлавоноїдів та розроблення технологій їх вилучення із сировини з подальшим використанням для отримання широкого спектру харчових продуктів антиоксидантної дії є актуальною, своєчасною, спрямованою на забезпечення захисту організму людини від несприятливих зовнішніх чинників. Саме це є метою даної роботи.

В якості предметів дослідження в роботі обрано такі рослинні матеріали: кропива дводомна, листя бурука звичайного, бутони гвоздичного дерева, душиця звичайна, меліса лікарська, м'ята перцева, перець, чабер духмяний, шавлія лікарська, ягоди та листя бузини чорної, лист смородини чорної, трава звіробою, бруньки берези повислої, квітки ромашки, трава причепи, листя шавлії, трава пустирника, кора дуба, квітки цмину, квітки нагідок, плоди шипшини [1].

Вміст і склад поліфенольних сполук коливається в широких межах і залежить від виду і віку рослини, умов вирощування й вегетації [2]. Тому представляє теоретичний та практичний інтерес з'ясувати, на яких етапах вегетації рослинних матеріалів переважають певні групи біофлавоноїдів.

Таблиця. Вміст різних груп поліфенольних сполук у ягодах шипшини

Група поліфенольних сполук	Довжина хвилі поглинання λ_{max} , нм	Концентрація поліфенольних сполук, мг %
Стадія зав'язі		
Флавоноли	250...270; 340...360	1096,0 ± 0,002
Катехіни	270...280	205,0 ± 0,005
Антоціани	520...540	28,0 ± 0,0009
Стадія зрілих ягід		
Флавоноли	250...270; 340...360	65,0 ± 0,0002
Катехіни	270...280	394,0 ± 0,004
Антоціани	520...540	548,0 ± 0,05

На підставі аналізу спектрів поглинання водно-спиртових екстрактів плодів шипшини встановили, що вони характеризуються наявністю групи характерних ділянок поглинання в діапазоні довжин хвиль 200...800 нм. Досить інтенсивна смуга поглинання відзначається при довжинах хвиль: 250...270 нм та 340...360 нм. За літературними даними ці піки поглинання характерні саме для

ТЕХНОЛОГІЯ

флавоноїдів. Їх наявність пов'язана зі збудженням електронних пар атома кисню карбонільної групи, зв'язаної з ароматичним кільцем. У видимій області спектру з'являється характерний пік поглинання при 520...540 нм, що свідчить про наявність антоціанів. Результати визначення вмісту поліфенольних сполук на стадії зав'язі і стадії зрілих ягід шипшини наведено в таблиці.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що на різних етапах вегетації вміст поліфенольних сполук у ягодах шипшини приблизно однаковий. Разом з тим співвідношення між різними групами флавоноїдів у процесі дозрівання ягід істотно змінюється.

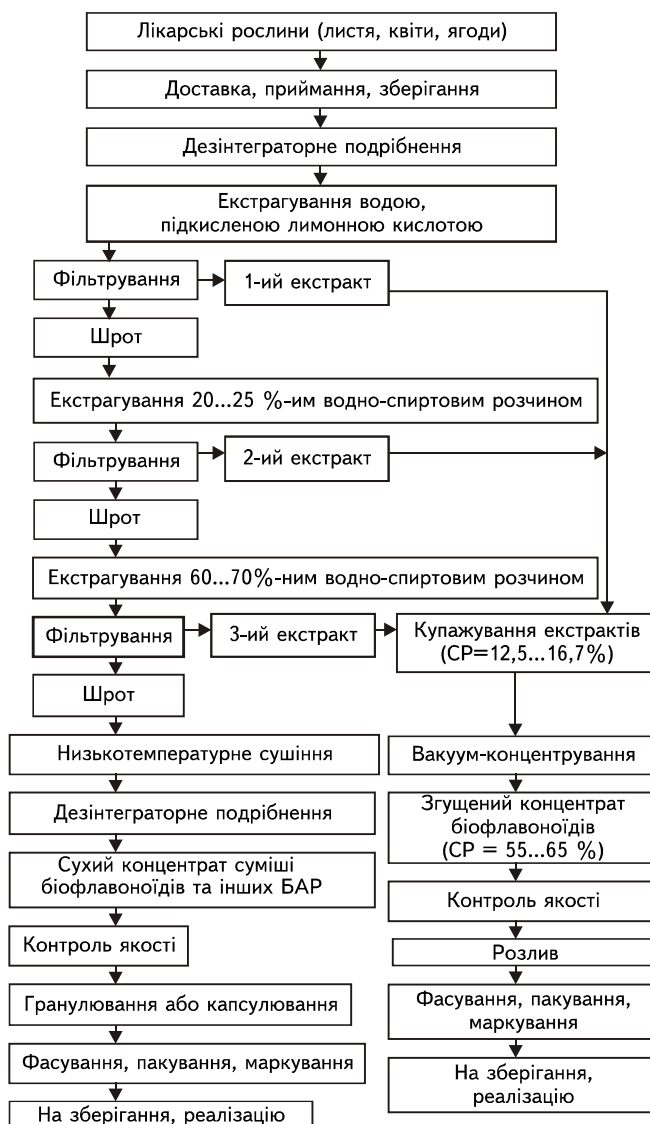


Рис. 1. Принципова технологічна схема отримання сухих та згущених концентратів біофлавоноїдів з лікарської сировини

Так, якщо на стадії зав'язі концентрація флавоноїдів складає 1096 мг %, то у зрілих ягодах їхня частка зменшується аж до 65 мг %.

друга група флавоноїдів — антоціани. Хоча залежність тут обернено пропорційна стосовно змін концентрації флавонолідів. І якщо на стадії зав'язі вміст антоціанів складає всього 28 мг %, то у зрілих ягодах їхня кількість зростає більш ніж на 400 % і становить 548 мг %. Стосовно катехінів таких істотних змін не спостерігається і по відношенню до стадії зав'язі у зрілих ягодах їхній вміст зростає не більше ніж у 2 рази.

Аналогічні результати отримано і для інших видів рослинних матеріалів. З цих даних можна зробити узагальнюючий висновок, що при відносній постійності загального вмісту біофлавоноїдів у рослинних матеріалах на різних етапах вегетації відбуваються інтенсивні процеси біотрансформації одних груп поліфенольних сполук в інші. І в даному випадку можна стверджувати, що при дозріванні ягід шипшини значна кількість флавонолідів використовується на синтез антоціанів.

На підставі проведених досліджень із перероблення рослинної лікарської сировини на готові продукти із підвищеним вмістом біофлавоноїдів запропоновано технологію отримання сухих та згущених концентратів, призначених як для безпосереднього вживання, так і в якості фізіологічно функціональних збагачувачів різноманітних харчових середовищ для отримання широкого спектру нової продукції, ефективною у захисті внутрішнього середовища організму людини від надмірної кількості вільних радикалів.

Технологічний процес розпочинається із доставки, приймання та зберігання лікарської сировини. Причому до перероблення рекомендуються різні вегетативні органи рослин — листя, квіти, ягоди, коріння — оскільки всі вони містять у певних концентраціях біологічно активні речовини, в тому числі біофлавоноїди.

Підготовлену сировину подрібнюють у дезінтеграторі (можна у звичайних подрібнювачах) з метою отримання часток з розмірами 1,5...2мм. За результатами попередньо проведених досліджень саме за такої дисперсності процеси екстрагування проходять найбільш інтенсивно. Подрібнення відбувається протягом 120...150 с при температурі 22...25 °С.

З метою максимального вилучення біофлавоноїдів екстрагування проводиться у три етапи. На першому етапі в якості екстрагенту використовуємо 1 %-ний водний розчин лимонної кислоти при гідромодулі 1 : 10. Екстрагування триває 4 год при температурі 22...25 °С.

Отриманий I-й екстракт відфільтровують і збирають в окрему ємність для наступного купажування, а шрот піддають екстрагуванню на другому етапі. Цього разу в якості екстрагенту використовуємо 20...25 %-ний водно-спиртовий розчин при гідромодулі 1:10. Тривалість екстрагування на другому етапі збільшується до 5 год, а температура залишається кімнатною — 22...25 °С.

Після фільтрування отримуємо II-й екстракт, який направляється в ємність для купажування, а шрот піддаємо екстрагуванню на третьому етапі 60...70 %-ним водно-спиртовим розчином при гідромодулі 1:10. Тривалість процесу екстрагування — 7 год, температура 22...25 °С.

Відфільтрований III-й екстракт разом із двома попередніми купажуємо і отримуємо суміш екстрактів із вмістом сухих речовин 12,5...16,7 %. Такий екстракт можна використовувати безпосередньо, проте з метою його подальшого зберігання без погіршення якості доцільним є вакуум-концентрування і отримання згущеного концентрату біофлавоноїдів із вмістом сухих речовин 55...65 %.

Встановлено, що завдяки триступеневому екстрагуванню із рослинної сировини удалось вилучити від 30 до 80 % біофлавоноїдів. Токсичних сполук у концентраті або не виявлено, або їхній вміст значно менший допустимій дозі.

Далі концентрат розливають у скляні пляшечки об'ємом 50 мл, маркують та упаковують і відправляють на зберігання та реалізацію.

Шрот, отриманий після III-го екстрагування, залежно від виду вихідної сировини містить від 20 до 70 % біофлавоноїдів, тобто є цінним джерелом широкого спектру біологічно активних речовин. Для його подальшого використання проводять низькотемпературне сушіння до залишкової вологості 8...10 %, що забезпечує тривале зберігання сухого матеріалу без втрати цінних біокомпонентів. Сушіння при 25...30 °С протягом 6 год дає можливість повністю зберегти у готовому продукті всі біологічно активні речовини.

Для підвищення ступеню засвоюваності організмом людини біокомпонентів сухого шроту його подрібнюють у дезінтеграторі, що дозволяє отримати необхідну дисперсність продукту (80...10 мкм) та збільшити вихід біологічно активних речовин у вільному стані, що і сприяє їх біодоступності.

ТЕХНОЛОГІЯ

Отриманий сухий концентрат суміші біофлавоноїдів та інших біологічно активних речовин контролюємо за вмістом основних біокомпонентів та критеріями безпеки.

На наступному етапі концентрат гранулюємо або капсулюємо з подальшим пакуванням та маркуванням. Далі концентрат відправляють на зберігання та реалізацію.

Запропонована технологія відкриває перспективи комплексного перероблення рослинної сировини на напівфабрикати з високою концентрацією есенціальних сполук. Технологія практично безвідходна, не потребує спеціального обладнання. Її можна реалізувати як на харчових підприємствах (наприклад, консервних), так і на фармацевтичних.

Висновки. Лікарська сировина є багатим природним джерелом комплексу есенціальних сполук, передусім біофлавоноїдів, які значною мірою визначають стан здоров'я людини, її здатність швидко адаптуватись до змін навколишнього середовища, підтримувати інтелектуальну та фізичну працездатність. Використання лікарської сировини у різні вегетативні періоди її розвитку дає можливість, залежно від кінцевої мети, отримати в максимальних концентраціях різні групи поліфенольних сполук — флавоноли, антоціани, катехіни. Запропоновано технологію комплексного перероблення лікарської сировини на сухі та згущені концентрати біофлавоноїдів. Отримана за новою технологією продукція є конкурентоспроможною, оскільки вона відповідає сучасним критеріям якості та безпеки, і це є важливим чинником членства України у Світовій організації торгівлі. Попит на таку продукцію постійно зростає, зважаючи на погіршення екологічної ситуації як в Україні, так і за кордоном. Запропонована технологія дає можливість при мікровитратах досягти макрокористі для споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сімахіна Г.О. Біофлавоноїди у системі антиоксидантного захисту біологічних структур / Г.О. Сімахіна // Наукові праці НУХТ. — 2011. — № 37 — 38. — С. 103 — 109.

2. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М.Н. Запрометов. — М.: Наука, 1993. — 272 с.

В работе исследован широкий спектр лекарственных растений и на их основе предложена технология концентратов с максимальным содержанием биофлавоноидов (30...70 %), предназначенных как для непосредственного использования, так и для обогащения традиционных пищевых сред. Технология может быть внедрена на действующих пищевых и фармацевтических предприятиях.

Ключевые слова: антирадикальная активность, полифенольные соединения, дезинтеграция, экстрагирование, вакуум-концентрирование.

G. Simakhina, O. Korihalova

Technology of bioflavonoid concentrates on the base of curative plants

The article represents an analysis of the wide range of curative plants, and also the technology of dry and condensed concentrates with maximal content of bioflavonoids, which are prescribed to both direct consumption and enrichment of traditional food environments.

There was proved that the usage of curative plant raw material in different vegetation periods of its growth would allow (depending on final purpose) obtaining the maximal concentrations of various polyphenol compositions – flavonoles, anthocyanins, catechins. We also proposed the technology of complex procession of curative plant raw materials into dry and condensed bioflavonoid concentrates. The products which would be produced according to the new technology are open to competition because of their correspondence to all the modern criteria of quality and safety. This is a crucially important factor of Ukraine's membership in World Trade Organization. We foresee the constantly increasing demand on such products due to worsening ecological situation both in Ukraine and abroad.

Key words: anti-radical activity, polyphenol compositions, disintegration, extraction, vacuum-concentration.

Одержано редколегією 09.11.2011 р.

УДК 519.863

Ю.М. ПЕНЧУК, канд. техн. наук,
О.І. СКРОЦЬКА, канд. біол. наук,
Ю.В. КОЛОМІЄЦЬ, канд. біол. наук,
О.В. ЧЕРНЕГА, студ.,
О.С. СОКОЛОВСЬКИЙ, асп.

Національний університет харчових технологій

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИННИХ КЛІТИН ГЛИБИННИМ СПОСОБОМ

В роботі зроблено аналіз існуючих систем, які використовуються при культивуванні рослинних клітин для подальшого використання в технології одержання біологічно активних речовин та при великомасштабному мікроклональному розмноженні рослин. Вибрано основні базові моделі для розроблення та конструювання біореактора, який в подальшому буде використано для культивування клітин рослин.

Ключові слова: біореактор, калюсна культура, аерування біологічно активні речовини.

Вегетативне розмноження клітин *in vitro*, ефективний метод швидкого поширення рослини у великих кількостях. Він має значні переваги над звичайними способами, такими як черенки і насіння [5, 9]. Вегетативне розмноження клітин може бути досягнуто шляхом прямого органогенезу через пагони або шляхом соматичного ембріогенезу та «ворсистого коріння». Можливість вегетативного розмноження шляхом соматичного ембріогенезу є альтернативою системі розповсюдження [4, 13]. Крім цього він може бути легко автоматизований і має перспективи для швидкого поширення рослин, оскільки дуже велика кількість соматичних ембріонів утворюється впродовж короткого проміжку часу в обмеженій кількості середовища. Цей метод є економічно доцільніший для багатьох рослинних видів. Потенційне застосування соматичного ембріогенезу в рослинництві залежить великою мірою від розвитку ембріонів через калус або безпосередньо через експлантат рослини. Використання незмінно зосереджено на великомасштабному виробництві цінних продуктів або вторинних метаболітів [2, 3].

За наявності ембріогенних клітин і ворсистій кореневої системи була продемонстрована система, що дає можливість виробляти соматичні ембріони і ворсистого коріння у великих масштабах. Відомо, що рослинні клітини є відносно великих розмірів і мають відносно низький гідродинамічний опір і низькі зусилля. Клітини в суспензії піддаються помірній дії гідродинамічного опору інакше вони будуть деформуватись або розриватися. Через це виникає необхідність розробляти біореактор відповідної конфігурації, який може використовуватись у великих масштабах і забезпечувати необхідні перемішування і масообмін при зведенні до мінімуму інтенсивності і гідродинамічного тиску [4, 11].

Виробництво біологічно активних речовин за допомогою рослинних клітин, як технологічний процес, має ряд труднощів у порівнянні з налагодженою мікробною ферментацією [1, 3, 8]:

1. рослинні клітини ростуть набагато повільнішими темпами з подвоєнням близько 40 год (порівняно з 0,3 год для деяких бактерій). Отже, витрати пов'язані з поколінням клітин набагато більші;

© Ю.М. Пенчук, О.І. Скроцька, Ю.В. Коломієць, О.В. Чернега, О.С. Соколовський, 2012

ТЕХНОЛОГІЯ

2. виробництво, як правило, нижче. Наприклад, незважаючи на кілька років оптимізаційних досліджень продуктивність шиконіну з безперервної культури *Lythsperrum erythrorhizon* становить 0,1 г, а продуктивність пеніциліну з гриба *Penicillium crysogenum* 3,2 г [7, 10];

3. рослинні клітини накопичують метаболіти в вакуолях, лише невелика їх кількість виділяється у середовище.

Клітини рослин більш чутливі, ніж клітини бактерій або дріжджів, що вимагає набагато м'якшої аерації.

Для підвищення продуктивності культивованих клітин широко і в багатьох випадках успішно застосовують:

— клітинну селекцію, що ґрунтується на спонтанних і на індукованих мутаціях в культурі клітин;

— оптимізацію умов вирощування і складу поживних і продукційних середовищ;

— інтенсифікацію процесів біосинтезу за рахунок удосконалення конструкцій біореакторів;

— культивування диференційованих культур, клітин чи індукцію диференціювання; використання елісаторів.

Проектування та експлуатація біореакторів в основному визначається біологічними потребами і технічними вимогами, які часто включають в себе цілий ряд факторів: ефективність передачі кисню, перемішування, низькість гідродинамічного опору, ефективність контролю фізико-хімічних параметрів середовища тощо. Оскільки деякі з цих факторів можуть бути суперечливі, тому важко безпосередньо використовувати звичайний мікробний реактор [12].

Основні типи біореакторів, які використовуються для культивування рослинних клітин, представлені на рис. 1.

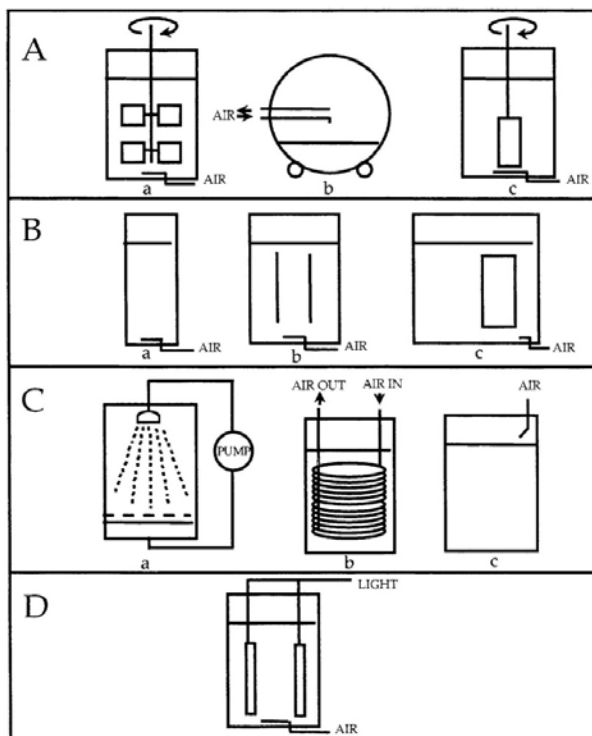


Рис. 1. Різні типи біореакторів для рослинних клітин [12]:
(А) механічний біореактор, а; нагнітання аерації, б; обертовий барабан, с; спін-фільтр. (В) пневматичний біореактор, а; міхура колонки, б; проекторна труба, с; зовнішня петля, (С) вихровий біореактор, а; газоподібна фаза (туман), б; кисневопроникні мембрани аератора, с; поверхня аерації, (D) світлопроміньовальний проект труби

Нещодавно було розроблено біореактор з гвинтово-стрічковою крильчаткою, що ефективно використовується для рослинних клітин, які мають високу щільність. Ці біореактори характеризуються рівномірним гідродинамічним тиском, перемішуванням з достатнім запасом кисню і без зайвого піноутворення, флотацією біомаси.

Кілька років тому було успішно розроблено біореактор з відцентровою крильчаткою (рис. 2) [12, 6]. Новий біореактор має ряд переваг в порівнянні з широко застосовуваними біореакторами. Він включає в себе набагато більшу підйомність води, забезпечує краще перемішування, знижує напругу зсуву і турбулентність рідини на поверхні, що може викликати серйозні втрати життєздатності клітин. Конструкція цього біореактора була визнана одною з найбільш відповідних конструкцій для масового поширення рослин за допомогою соматичного ембріогенезу [12].

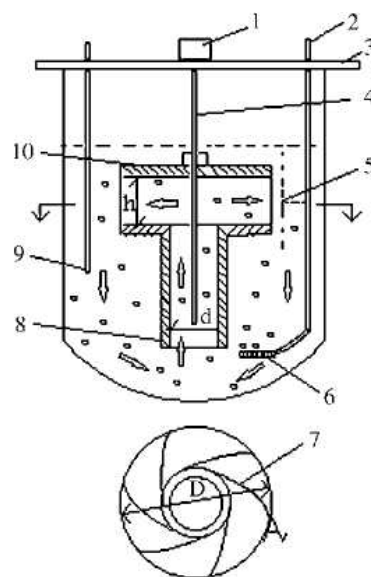


Рис. 2 Біореактор з відцентровими крильчатками [12]: 1 — магнітна мішалка; 2 — газ; 3 — головна пластина; 4 — агітаторний вал; 5 — вимірювання профілів швидкості розряду рідинного потоку були проведені у вертикальному напрямку по всій ширині леза (вертикальна пунктирна лінія) і на різних радіальних відстанях від крильчатки; 6 — нержавіючий розбризкувач; 7 — відцентрові леза; 8 — проектора трубка; 9 — зонд; 10 — відцентрово обертовий вал

Середовища для культивування рослинних клітин культур повинні складатися з великої кількості компонентів. Ці компоненти можуть бути представлені водою, різноманітними джерелами вуглецю, концентрованими розчинами мінеральних солей, вітамінами, гормонами росту та розчиненими газами.

Для вирощування суспензійної культури рослинних клітин в лабораторії було сконструйовано ферментер об'ємом 1,2 л (рис. 3).

Сконструйований апарат містить перемішувач шнекового типу, що дозволяє м'яко перемішувати культуральну рідину. Окрім цього мішалка такого типу створює направлені потоки, підтримуючи клітини в завислому стані. Аерація здійснюється через барботер, який являє собою мембрану пористого скла. В середині апарату розташований дифузор для додаткового розподілу кисню в об'ємі.

Ферментер обладнаний датчиками вимірювання значення рН та розчиненого кисню в середовищі культивування.

Висновки. Сконструйований апарат дозволить вирощувати культури клітин рослин, які можуть бути використані як продуценти біологічно активних речовин для потреб різних галузей.



Рис. 3 Лабораторний ферментер для вирощування клітин рослин

ЛІТЕРАТУРА

1. Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений / Бутенко Р.Г. — М.: Наука, 1986. — 272 с.
2. Георгиевский В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений / Георгиевский В.П., Комисаренко Н.Ф., Дмитрук С.Е. — Н.: Наука, 1990. — 333 с.
3. Калинин Ф.Л. Технология микрклонального размножения растений / Калинин Ф.Л., Кушнир Г.П., Сарнацкая В.В. — Киев: Наук.думка, 1992. — 228 с.
4. Кунах В.А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіоло-біохімічні основи / Кунах В.А. — К.: Логос, 2005. — 730 с.
5. Кунах В.А. Особенности получения и изменчивость суспензионных культур и клеточных клонов раувольфии змеиной *Rauwolfia serpentina in vitro* / Кунах В.А., Можилевская Л.П., Губарь С.И. // Биотехнология. — 2001. — № 4. — с. 9 — 21.
6. Мельничук М.Д. Основи біотехнології рослин / Мельничук М.Д., Новак Т.В., Левенко В.О. — К., 2000. — 247 с.
7. Сидоров В.А. Биотехнология растений. Клеточная селекция / Сидоров В.А. — К.: Наук. думка, 1990. — 280 с.
8. George E.F. Plant propagation by tissue culture / George E.F. // The Technology. — 2000. — P. 302 — 335.
9. Hahlbrock K. Correlation between nitrate uptake, growth and changes in metabolic activities of cultured plant cells / Hahlbrock K. // Plant Tissue and Cell Culture. — 1987. — 2. — P. 357 — 362.
10. Merillon J.M. Influence of sucrose on levels of ajmalicine, serpentine, and tryptamine in *Catharanthus roseus* cells *in vitro* / Merillon J.M., Rideau M., Chenieux J. // Planta Med. — 2003. — 50, N6. — P. 497 — 501.
11. Nabors M.W. Long-duration, high-frequency plant regeneration from cereal tissue cultures / Nabors M.W., Heyser J.W., Dykes T.A., Mott K.J. // Planta. — 1993. — 157. — P. 385 — 391.
12. Ohta S. *Nicotiana plumbaginifolia*: In vitro production of nicotine / S. Ohta, M. Yatazawa // In: Biotechnology in Agriculture and Forestry, V. 7. Medicin Aromat. Plants II. — Berlin, Heidelberg: Springer, 1989. — P. 367 — 380.
13. Parr A.J. The production of secondary metabolites by plant cell cultures / Parr A.J. // J. Biotechnol. — 2000. — 10, N 1. — P. 1 — 26.

В работе сделан анализ существующих систем, использующиеся при культивировании растительных клеток для дальнейшего использования в технологии получения биологически активных веществ и при крупномасштабном микрклональном размножении растений. Выбрано основные базовые модели для разработки и конструирования биореактора, который в будущем будет использован для культивирования растительных клеток.

Ключевые слова: биореактор, калюсная культура, аэрирование, биологически активные вещества.

**Yu. Penchuk, O. Skrotska, Y. Kolomiets,
O. Chernega, A. Sokolovskiy**

Equipment for growing plant cells of deep way

In work the analysis of the existing systems, used is made at cultivation of vegetative cells for the further use in technology of reception of biologically active substances and at large-scale microclonal reproduction of plants. It is chosen the basic base models for working out and designing of the bioreactor which in the future will be used for cultivation of vegetative cells.

Constructed apparatus includes a mixing device such as a screw that allows you to gently mix the culture broth. In addition, this type of mixer generates a directed flow, maintaining cells in suspension. Aeration is carried out through a bubbler, which is a porous glass membrane. In the middle of the apparatus is a diffuser for additional distribution of oxygen in the bulk.

Key words: the bioreactor, cell culture, aeration, biologically active substances.

Одержана редколегією 05.09.2011 р.

УДК 663.533

Г.В. ВЕРГЕЛЕС, директор УкрНДІспиртбіопроду
*Український науково-дослідний інститут спирту
і біотехнології продовольчих продуктів*

П.Л. ШИЯН, д-р техн. наук,

Т.О. МУДРАК, канд. техн. наук,

Р.Г. КИРИЛЕНКО, канд. техн. наук,

В.Б. СИЗЬКО, науковий співробітник ПНДЛ
Національний університет харчових технологій

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СПИРТОВИХ БРАЖОК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КИСЛОТОСТІЙКИХ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ

Визначено ефективність використання кислотостійких ферментних препаратів (ФП) при отриманні зрілих бражок із крохмалевмісної сировини. Встановлені оптимальні концентрації амілази і глюкоамілази для розріджування замісів і оцук-рювання розрідженої маси. Результати досліджень по зброджуванню сусла підтверджують доцільність використання кислотостійких ФП у спиртовому виробництві.

Ключові слова: заміс, сусло, ферментний препарат, дріжджі, зріла бражка.

Впровадження у виробництво інноваційних енерго- і ресурсозберігаючих технологій є головним завданням, яке стоїть перед спиртовою промисловістю. Це дозволить значно зменшити матеріальні та енергетичні витрати на виробництво одиниці товарної продукції, підвищити її конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Однією з основних причин зменшення питомого виходу спирту є інфікування напівпродуктів спиртового виробництва кислото утворюючою мікрофлорою та пов'язане з цим наднормативне наростання кислотності.

Зростання кислотності зменшує активність гідролітичних ферментів, що негативно впливає на процес спиртового бродіння.

Значна кількість сторонньої мікрофлори потрапляє на виробництво із сировиною.

Впровадження низькотемпературної термоферментативної обробки (ТФО) зернової сировини при атмосферному тиску не завжди забезпечує повне температурне інгібування споруотворюючої мікрофлори.

Для боротьби із контамінуючою мікрофлорою використовують різні антисептики — полідез, сульфонал, дезактин та інші, а також антибіотики (в основному каморан, нобак), які задають на стадіях ТФО зернових замісів та зброджування сусла [1].

Широке їх застосування у спиртовому виробництві може призвести до мутації контамінуючої мікрофлори та утворення штамів, стійких до згаданих антисептиків.

Кислотостійке антисептування сусла на стадії дріжджегенерації забезпечує стійкий антибактеріальний ефект. Однак на інших стадіях технологічного процесу кислотне антисептування не використовується у зв'язку з інгібуванням гідролітичних ферментів.

Останнім часом мікробіологічна промисловість почала виробництво кислотостійких ФП здатних гідролізувати біополімери крохмалевмісної сировини при низьких значеннях рН —

© Г.В. Вергелес, П.Л. Шиян, Т.О. Мудрак, Р.Г. Кириленко, В.Б. Сизько, 2012

ТЕХНОЛОГІЯ

3,4...4,5. У зв'язку з цим з'явилась можливість використання кислотного антисептування на стадії водно-теплової та ТФО крохмалевмісної сировини.

Крім того, за даними Сапронова, Харина підвищення концентрації водневих іонів при водно-тепловій обробці сировини, що відповідає рН 3,5 забезпечує мінімальну температурну деструкцію глюкози в інтервалі температур 80...120 °С. У зв'язку з цим слід очікувати, що водно-теплова та ТФО сировини при зниженій кислотності (рН 3,8...4,0) позитивно вплине на питомий вихід спирту [2].

Підтримання такої кислотності особливо ефективно при переробленні жита, дефетного зерна, в яких знаходиться значна кількість цукрів та геміцелюлоз.

В роботі досліджувались кислотостійкі ФП фірми «Даніско»: Amylex HT (α -амілаза); Diazyme SG (глюкоамілаза).

Сусло отримували з кукурудзи та жита. Ступінь подрібнення кукурудзи — 95 % проходу крізь сито з отворами діаметром 0,6 мм, концентрація сухих речовин сусла — 20 %.

Ступінь подрібнення жита — 85 % проходу крізь сито з отворами діаметром 1,0 мм, концентрація сухих речовин сусла — 18 %.

ФП задавались у наступній кількості: α -амілаза — 0,2 од. АЗ/г крохмалю, глюкоамілаза — 5,0 од. ГлЗ/г крохмалю.

Як контроль використовували сусло, отримане з використанням ФП Termamil SC та San Super 240 L.

Дослідження проводились у трикратній повторності.

Із таблиць 1, 2 видно, що із зниженням активної кислотності сусла до рН 3,8 в зрілих бражках зменшується концентрація спирторозчинних вуглеводів та нерозчиненого крохмалю, а вміст спирту при цьому збільшується в середньому на 0,2...0,3 %. Бродильна активність дріжджів на першу добу при рН 3,8 та 5,0 була більша, ніж в контролі на 30...40 % та 25...35 % відповідно.

Таблиця 1. Хіміко-технологічні показники бражки із кукурудзи залежно від рН замісу

№ дослідів	Умови досліді: рН сусла	рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³				Концентрація спирту, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн./см ³
			розчинених	загальних	нерозчиненого крохмалю	спирторозчинних		
1	Контр. 5,2	4,48	0,10	0,21	0,10	0,06	9,45	138
2	3,4	3,36	0,13	0,26	0,11	0,05	9,48	120
3	3,6	3,49	0,13	0,25	0,11	0,04	9,48	125
4	3,8	3,64	0,09	0,20	0,10	0,04	9,52	130
5	4,0	3,97	0,09	0,20	0,10	0,04	9,50	131
6	4,5	4,09	0,09	0,21	0,10	0,05	9,49	132
7	5,0	4,39	0,10	0,22	0,10	0,05	9,49	134

Таблиця 2. Хіміко-технологічні показники бражки із жита

№ дослідів	Умови досліді: рН сусла	рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³				Концентрація спирту, % об.	Кількість дріжджових клітин, млн./см ³
			розчинених	загальних	нерозчиненого крохмалю	спирторозчинних		
1	Контр. 5,7	4,53	0,51	0,61	0,09	0,16	9,11	145
2	3,4	3,38	0,41	0,52	0,10	0,08	9,10	128
3	3,6	3,54	0,40	0,51	0,09	0,81	9,12	130
4	3,8	3,72	0,40	0,49	0,09	0,06	9,13	140
5	4,0	3,88	0,40	0,50	0,09	0,07	9,13	142
6	4,5	4,37	0,40	0,50	0,09	0,06	9,12	142
7	5,0	4,80	0,40	0,50	0,09	0,06	9,11	144

В дозрілих бражках, де використовувались досліджувані ФП, має місце деяке зниження рН. Це може бути пов'язане з тим, що при доброджуванні у відсутності молочнокислих бактерій відбувається інтенсивне дезамінування амінокислот в результаті розмножування та життєдіяль-

ності дріжджів і, як наслідок, накопичення в зброджуваному середовищі органічних кислот. Кращі технологічні показники спиртових бражок були отримані при рН сусла 3,8...4,0.

Подальші дослідження були спрямовані на визначення впливу концентрації амілолітичних ФП на процес зброджування сусла.

Для досліджень використовували кислотостійкі ФП Amylex HT (α -амілаза) в кількості 0,075, 0,2 і 0,4 од. АЗ/г крохмалю та Diazyme SG (глюкоамілаза) в кількості 3,5, 5,0 та 9,0 од. ГлЗ/г крохмалю. Замість готували із кукурудзи крохмалистістю 63,8 % при гідромодулі 1 ÷ 3, ступінь подрібнення зерна — 95 % проходу крізь сито з отворами діаметром 0,6 мм. Розріджування замісу проводили при температурі 63 °С та 68 °С; тривалість розріджування — 90 та 180 хвилин, оцукрювання — 30 хвилин; рН замісу — 3,8.

При зброджуванні сусла відбувається не тільки біосинтез етанолу, але й доцукрювання вуглеводів сусла амілолітичними ферментами. Тому були проведені дослідження по впливу концентрації амілолітичних ФП на процес зброджування.

Встановлено (табл. 3), що при зброджуванні сусла із підвищенням концентрації Amylex HT в замісі, незалежно від температури розріджування, швидкість зброджування сусла зростала. Але при порівнянні зразків 3 і 4 та 6 і 7 по динаміці виділення діоксиду вуглецю різниця була незначною. При аналізі показників зрілої бражки, отриманої при температурі розріджування 63 °С із таблиці 3 видно, що із підвищенням концентрації ФП вміст розчинених вуглеводів в зразках 2, 3, 4 при 90 хвилинах розріджування був практично однаковий і складав 0,075 — 0,08 г/100 см³ бражки. Показники по нерозчиненому крохмалю були високими і з підвищенням концентрації ФП суттєво не змінювались. З підвищенням тривалості розріджування до 180 хвилин при цій же температурі показники по розчинених вуглеводах зростали на 11,2 — 11,3 %, а по нерозчиненому крохмалю залишались практично незмінними.

Підвищення температури розріджування до 68 °С дозволяє досягнути необхідного ступеня розріджування крохмалю сировини і отримати дозрілі бражки з нормативними хіміко-технологічними показниками.

З підвищенням температури розріджування з 63 °С до 68 °С концентрація розчинених вуглеводів в дозрілих бражках суттєво не змінювалась. Концентрація нерозчиненого крохмалю значно знизилася і була на рівні нормативних показників — 0,1...0,26 г/100 см³ бражки при тривалості розріджування 90 хвилин.

З підвищенням терміну розріджування до 180 хвилин в дозрілих бражках зростав вміст нерозчиненого крохмалю. Це, очевидно, пов'язано із частковою інактивацією кислотостійкої α -амілази. Концентрація спирту у бражках при використанні кислотостійкої α -амілази при тривалості ТФО протягом 90 хвилин та 68 °С була на 0,2...1,2 % більша, ніж при 180 хвилинах.

Таблиця 3. Хіміко-технологічні показники бражки із кукурудзи

№ дослідів	Умови дослідів				рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³			Концентрація спирту, % об.
	концентрація α -амілази, од. АЗ/г крохмалю*	t, хв.	t, °С розріджування	рН замісу		розчинених	загальних	нерозчиненого крохмалю	
1	Контроль	180	90	5,9	4,47	0,11	0,21	0,09	9,68
2	0,075	90	63	3,8	3,72	0,07	0,51	0,39	8,95
3	0,2				3,77	0,08	0,47	0,35	9,00
4	0,4				3,78	0,08	0,48	0,36	9,08
5	0,075				3,80	0,12	0,41	0,26	9,41
6	0,2				3,78	0,11	0,23	0,11	9,75
7	0,4				3,79	0,11	0,22	0,10	9,72
8	0,075				180	63	3,78	0,13	0,53
9	0,2	3,72	0,13	0,52			0,35	9,12	
10	0,4	3,72	0,11	0,52			0,36	9,18	
11	0,075	3,78	0,14	0,44			0,27	9,43	
12	0,2	3,79	0,13	0,31			0,12	9,61	
13	0,4	3,72	0,14	0,33			0,17	9,60	

*Витрата глюкоамілази Diazyme SG — 5,0 ГлЗ/г крохмалю

ТЕХНОЛОГІЯ

Таким, чином, збільшення експозиції ТФО при використанні кислотостійкої α -амілази більше 90 хвилин може бути виправдано у виробничих умовах з метою посилення ефекту пастеризації для інгібування сторонньої мікрофлори.

Аналогічні дані отримані при зброджуванні житнього суслу (табл. 4).

Заміс готували при гідромодулі 1 ÷ 3,5 із жита крохмалистістю 59,2 %, ступінь под-рібнення зерна 85 % проходу крізь сито з отворами діаметром 1,0 мм.

Розріджування замісу проводили при температурі 50 °С та 60 °С; тривалість розріджування складала 90 та 180 хвилин, оцукрювання — 30 хвилин; рН замісу — 3,8.

Таблиця 4. Хіміко-технологічні показники бражки із жита

№ дослідів	Умови дослідів				рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³			Концентрація спирту, % об.
	концентрація α -амілази, од. АЗ/г крохмалю*	τ , хв.	t , °С	рН замісу		розчинених	загальних	нерозчиненого крохмалю	
1	Контроль	180	90	5,6	4,93	0,66	0,70	0,05	9,35
2	0,075	90	50	3,8	3,68	0,24	1,00	0,68	8,22
3	0,2				3,65	0,17	0,92	0,67	8,04
4	0,4		3,71		0,17	0,82	0,58	8,12	
5	0,075		60		3,70	0,41	0,72	0,28	8,95
6	0,2	3,72		0,39	0,55	0,14	9,20		
7	0,4	180	50	3,8	3,78	0,38	0,54	0,14	9,18
8	0,075				3,69	0,52	1,20	0,61	6,93
9	0,2		3,72		0,50	1,00	0,45	7,07	
10	0,4		3,71		0,45	0,99	0,44	7,18	
11	0,075	60	60	3,8	3,75	0,52	7,32	0,72	8,12
12	0,2				3,77	0,45	1,25	0,72	8,28
13	0,4				3,75	0,45	1,20	0,68	8,25

*Витрата глюकोамілази Diazyme SG — 5,0 ГлЗ/г крохмалю

Таким чином, на основі проведених досліджень при ТФО замісів із жита та кукурудзи кислотостійкою α -амілазою встановлено, що оптимальні показники бражок, які відповідали нормативним, були отримані при концентрації Amylex HT 0,2 од. АЗ/г крохмалю, температурі розріджування 60 °С для жита та 68 °С — для кукурудзи, тривалості розріджування — 90 хвилин.

В роботі також були проведені дослідження впливу концентрації глюकोамілази на процес зброджування суслу. ФП Amylex HT задавали із розрахунку 0,2 од. АЗ/г крохмалю (табл. 5).

Таблиця 5. Хіміко-технологічні показники бражки із жита залежно від концентрації глюकोамілази

№ дослідів	Умови дослідів		Динаміка зброджування, маса CO ₂ , г/200 см ³							рН бражки	Концентрація вуглеводів, г/100 см ³			Концентрація спирту, % об.
	Концентрація глюкоамілази од. ГлЗ/г крохмалю	рН замісу	12 год	24 год	36 год	48 год	60 год	72 год	розчинених		загальних	нерозчиненого крохмалю		
1	Контроль	5,6	8,80	9,50	11,90	12,30	13,80	14,00	4,60	0,52	0,61	0,08	9,48	
2	3,5	3,8	8,00	9,20	11,05	11,78	13,55	13,71	3,78	0,41	0,52	0,10	9,43	
3	5,0		8,33	9,62	11,59	12,27	13,97	14,00	3,77	0,36	0,46	0,09	9,49	
4	9,0		8,38	9,67	11,72	12,40	13,98	14,05	3,75	0,35	0,45	0,09	9,50	

Як видно із таблиці 5, збільшення концентрації глюкоамілази в процесі оцукрювання і зброджування з 5,0 до 9,0 од. ГлЗ/г крохмалю суттєво не впливало на показники дозрілої бражки. Оптимальна витрата кислотостійкої глюкоамілази в розріджене сушло може бути прийнята із розрахунку 5,0 од. ГлЗ/г крохмалю.

Висновки. Результати досліджень по зброджуванню сусла, отриманого із використанням кислотостійких ФП підтверджують доцільність їх використання. При ТФО замісів із жита та кукурудзи раціонально використовувати ФП кислотостійкої α -амілази — Amylex НТ із розрахунку 0,2 од. АЗ/г крохмалю та кислотостійку глюкоамілазу — 5,0 од. ГлЗ/г крохмалю. При цьому температура розріджування жита повинна становити 60 °С, для кукурудзи 68 °С, тривалість розріджування — 90 хв., оцукрювання — 30 хв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.

2. Сапронов Н. Р. Влияние температуры и рН на кинетику разложения глюкозы. / Н.Р. Сапронов, С.Е. Харин // Сахарная промышленность. — 1967. — № 6. — С. 55 — 60.

Определена эффективность использования кислотостойких ФП при получении зрелых бражек из крахмалсодержащего сырья. Установлены оптимальные концентрации амилазы и глюкоамилазы для разжижения замесов и осахаривания разжиженной массы. Результаты исследований по сбраживанию сусла подтверждают целесообразность использования кислотостойких ФП в спиртовом производстве.

Ключевые слова: замес, сусло, ферментный препарат, дрожжи, зрелая бражка.

**G. Vergeles, P. Shiyani, T. Mudrak,
R. Kyrylenko, V. Syzko**

Improvement of spirit wash technology with the use of acid-resistant enzyme preparations

Acid-resistant disinfection of must at the stage of yeast generation provides sustained antibacterial effect.

However, at other stages of the technological process acid disinfection is not used due to inhibition of hydrolytic enzymes.

Recently, microbiological industry has started production of acid-resistant enzyme preparations, able to hydrolyze biopolymers of starch-containing raw materials at low pH — 3.4...4.5.

Thus, it became possible to use acid disinfection at the stage of water-thermal and TEP starch-containing raw materials.

The efficiency of acid-resistant enzyme preparations (EP) in obtaining fermented washes from starch-containing raw materials is defined.

The optimal concentration of amylase and glucoamylase for batch dilution and sugaring of the diluted mass is set.

The results of researches on the must fermentation confirm the expedience of the use of acid -resistant EP in alcohol production.

Key words: batch, must, yeast, enzyme preparation, fermented wash.

Одержана редколегією 01.12. 2011 р.

Л.І. ТАНАЩУК, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

ОДЕРЖАННЯ ГЛЮКОЗНО-ФРУКТОЗНИХ СИРОПІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОАКТИВОВАНОЇ ВОДИ

Досліджено процес гідролізу цукрози з використанням в якості розчинника електроактивованої води з метою отримання глюкозно-фруктозних сиропів. В якості вихідної сировини використовували білий цукор та жовтий цукор II продукту цукрового виробництва. Наведено результати досліджень. Запропоновано спосіб одержання глюкозно-фруктозних сиропів зі ступенем гідролізу 35 – 100 % залежно від вимог споживача. Глюкозно-фруктозні сиропи найбільш прийнятні для виробництва продуктів харчування з регламентованими кількостями ди- та моноцукридів.

Ключові слова: цукристі речовини, глюкозно-фруктозні сиропи, моноцукриди, електроактивована вода.

Цукристі речовини - один із найбільш важливих компонентів їжі людини. Надлишкове споживання цукру негативно впливає на обмін речовин, сприяє розвитку атеросклерозу, серцево-судинних захворювань та діабету. Глюкозно-фруктозні сиропи (ГФС) є найбільш перспективним заміником цукру і їх виробництво в світі постійно зростає. Нові види цукрів відрізняються від цукрози наявністю регламентованих кількостей моноцукридів, крім цього до їх складу входять біологічно-активні речовини. Глюкозно-фруктозні сиропи знайшли застосування при порушеннях вуглеводного обміну, показані хворим на цукровий діабет, а також людям, які зазнають значних розумових та фізичних навантажень. Замінники цукру повинні бути близькими до цукрози за смаком, не сприяти виникненню різних фізіологічних відхилень в організмі.

Найбільш прийнятними для виробництва продуктів харчування з регламентованими кількостями ди- та моноцукридів є глюкозно-фруктозні сиропи, які можуть широко використовуватися в безалкогольній та консервній галузях харчової промисловості [1, 2, 3, 5, 6].

В умовах України сировиною для отримання ГФС може бути крохмалевмісна сировина, цукор та напівпродукти цукрового виробництва. При використанні в якості вихідної сировини цукру та цукровмісних напівпродуктів цукрового виробництва ГФС можуть бути отримані шляхом кислотного гідролізу. Процес гідролізу проводять у досить жорстких умовах (рН 1, температура 95 – 110 °С), що призводить до процесів розпаду моноцукридів з утворенням 5-гідроксиметилфурфуролу (ОМФ) в кількостях від 50 до 440 мг/л, який є токсичним. Використання ферментативного гідролізу в Україні є обмеженим відсутністю ферментів вітчизняного виробництва. Досліджували процес отримання глюкозно-фруктозних сиропів з використанням водної електроактивованої системи. Водна електроактивована система являє собою екстрагент, який утворюється шляхом обробки вихідної пом'якшеної води в електромембранному апараті до значення рН 1,0 – 5,0.

Отримання електроактивованої водної системи може здійснюватись на модернізованій електродіалізній опріснюючій установці У-70-50-4172 та ЕДУ-1-400Хп. Процес зниження рН ведуть при I 10 – 18 А та U 300 – 400 В.

В основу способу одержання глюкозно-фруктозних сиропів покладено використання електроактивованої водної системи з рН 1,5 – 2,0 [4]. В якості вихідної сировини може бути використаний білий цукор та жовтий цукор II продукту цукрового виробництва. Так як цукри містять в своєму складі лужні елементи, досліджували зміну рН розчинів в залежності від концентрації цукру рис. 1.

© Л.І. Танащук, 2012

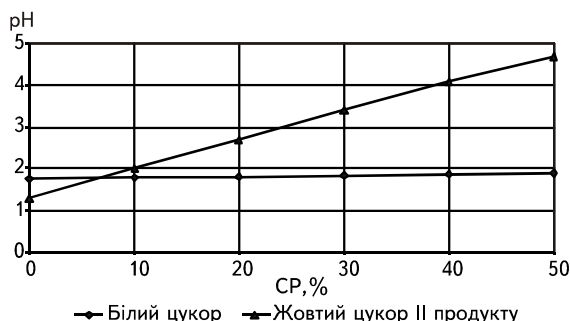


Рис. 1. Залежність рН розчинів від концентрації цукру

Як видно з представлених даних, при концентрації білого цукру в електроактивованій воді 40 – 45 % рН розчину складає 1,5 – 2,0 од.

При використанні в якості вихідної сировини жовтого цукру II продукту рН 2,0 – 2,5 досягається при концентрації 20 – 25 %, підвищення концентрації до 40 – 45 % призводить до збільшення значення рН до 4,5 – 5 од. Отже, оптимальною для білого цукру є концентрація 40 – 45 %, для жовтого цукру II продукту — 20 – 25 %. Для визначення оптимальної температури проведення процесу розчини термостатували в інтервалі температур 65 – 90 °С при тривалості процесу 5 – 60 хв. Відбір проб здійснювали через 5 хв. У відібраних пробах визначали масову частку сухих речовин, вміст цукрози, ступінь гідролізу та вміст оксиметилфурфуролу. Результати досліджень представлені у табл.

Таблиця. Залежність показників якості ГФС від температури та тривалості процесу

№ проби	Тривалість τ, хв.	Масова частка сухих речовин, СР, %	Ступінь гідролізу, %	Вміст ОМФ в сиропі, г/100 г СР	Тривалість τ, хв.	Масова частка сухих речовин, СР, %	Ступінь гідролізу, %	Вміст ОМФ в сиропі, г/100 г СР
65 °С					70 °С			
1	10	40,3	34,17	0,005	10	41,8	57,4	0,008
2	20	40,4	40,25	0,007	20	41,2	81,0	0,012
3	30	40,4	45,08	0,01	30	41,4	90,5	0,019
4	40	40,5	51,75	0,012	35	41,6	92,5	0,028
5	50	40,6	58,37	0,025	40	41,8	93,7	0,031
6	60	40,7	65,18	0,034	45	41,8	95,0	0,04
7	70	40,8	77,47	0,041	50	41,8	96,0	0,048
8	80	41,0	85,17	0,055	55	41,8	97,0	0,051
9	90	41,2	90,46	0,067	60	41,8	98,0	0,055
75 °С					80 °С			
1	10	41,2	61,5	0,008	5	40,5	53,5	0,007
2	20	41,7	86,0	0,018	10	40,8	76,51	0,011
3	25	41,7	89,97	0,019	15	41,1	87,0	0,018
4	30	41,7	95,0	0,023	20	41,4	93,5	0,027
5	35	41,8	97,0	0,03	25	41,7	97,0	0,034
6	40	41,9	98,5	0,035	30	41,8	98,0	0,039
7	45	41,9	99,5	0,047	35	42,0	100,0	0,045
8	50	41,9	100,0	0,052				
85 °С					90 °С			
1	5	42,4	90,15	0,018	5	45,3	94,6	0,027
2	10	46,0	96,22	0,024	10	49,0	99,98	0,033
3	15	46,6	99,78	0,047	15	52,0	100	0,048
4	20	47,2	100,0	0,058	20	53,8	100	0,065

ТЕХНОЛОГІЯ

З представлених даних видно, що в інтервалі температур 65 – 90 °С залежно від тривалості процесу може бути досягнуто ступеню гідролізу 35 – 100 %. Підвищення температури приводить до збільшення швидкості процесу гідролізу, зменшення його тривалості, але концентрація ОМФ зростає.

Схема отримання глюкозно-фруктозних сиропів з використанням електроактивованої води представлена на рис. 2.

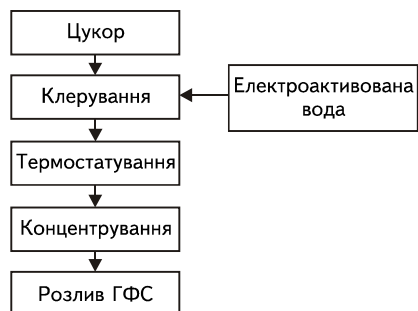


Рис. 2. Схема отримання глюкозно-фруктозного сиропу з цукру

Процес здійснюється таким чином: цукор (білий або жовтий II продукту) розчиняють в електроактивованій воді до рН 2,0 – 2,5, нагрівають до температури 70 – 85 °С та термостатують протягом 5 – 60 хв залежно від заданого ступеню гідролізу.

Проведення процесу менше 5 хв недостатньо для здійснення процесу гідролізу, більше 60 хв — недоцільно з економічної точки зору. Розчини цукрового виробництва містять безазотисті органічні кислоти (лимонну, щавлеву, яблучну, молочну), кислі амінокислоти (глютамінову та аспарагінову), нейтральні та основні амінокислоти (α -лейцин, α -аланін, α -серин, α -гліцин, α -валін, α -тирозин та ін.), бетаїн, пуринові кислоти, пектинові речовини, мікроелементи, вітаміни. Жовтий цукор II продукту являє собою кристали цукрози (~ 98 % до маси сухих речовин) на поверхні та всередині яких знаходиться міжкристальний розчин, який містить біологічно активні нецукри, мікроелементи та вітаміни. Використання в якості вихідної сировини жовтого цукру II продукту дозволить отримати глюкозно-фруктозні сиропи підвищеної біологічної цінності та розширити асортимент цукровмісних продуктів.

При використанні жовтого цукру II продукту для видалення забарвлюючих та інших речовин, що містяться в ньому, необхідна двоступенева очистка активованим вугіллям.

Висновок. Таким чином, використання електроактивованої води в якості розчинника цукрів для одержання глюкозно-фруктозних сиропів зі ступенем інверсії до 100 % дозволить досягнути необхідного значення рН розчинів без використання сильних мінеральних кислот, проводити процес в м'яких умовах, отримати сиропи високої якості, а при використанні жовтого цукру — збагачені біологічно активними сполуками. Сиропи можуть використовуватись безпосередньо для продажу в торгівельній мережі, як підсолоджувачі в різних галузях харчової промисловості та для подальшої сепарації фруктози з отриманням високофруктозного сиропу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Богданов Е.С. Использование в молочных продуктах глюкозных сиропов / Е.С.Богданов //Продукты, ингредиенты. — 2008. — № 1. — С. 88 – 91.
2. Егоров А.М. Глюкозно-фруктозный сироп — полноценный заменитель сахара /Егоров А.М., Аничев А.В. // Журнал Всесоюзного общества им. Менделеева. — 1982. — № 6. — т. XXVII, — С. 76 – 80
3. Ладур Г.А. Глюкозно-фруктозный сироп — новый сахарозаменитель / Г.А. Ладур, П.С. Пучкова // Сах. промышленность. — 1983. — № 9 — С. 53 – 54.

4. Пат. UA 21978 А Укр., С 13 К 3/00 Спосіб одержання глюкозно-фруктозних сиропів / Танащук Л.І., Гулий І.С., Бобрівник Л.Д., Івчук Н.П., Карлович М.С., Костюк І.В.; заявник и патентовласник Український державний університет харчових технологій. — Опубл. 30.04.98, Бюл. № 2.

5. *Виробництво* нових видів цукропродуктів / [Супрунчук В.К., Бобрівник Л.Д., Хорунжа Л.В., Панчук О.М.]. — К.: Урожай, 1993. — 125 с.

6. *Производство* глюкозно-фруктозных сиропов / [Супрунчук В.К., Роменский Н.П., Хорунжая Л.В., Панчук А.Н.]. — К.: Урожай, 1993. — 108 с.

Исследован процесс гидролиза сахарозы с использованием в качестве растворителя электроактивированной воды с целью получения глюкозно-фруктозных сиропов. В качестве исходного сырья использовали белый сахар и желтый сахар II продукта. Приведены результаты исследований. Предложен способ получения глюкозно-фруктозных сиропов со степенью гидролиза 35 - 100 % в зависимости от требований потребителей. Глюкозно-фруктозные сиропы наиболее приемлемы для производства продуктов питания с регламентированными количествами ди- и моносахаридов.

Ключевые слова: сахаристые вещества, глюкозно-фруктозные сиропы, моносахара, электроактивированная вода.

L. Tanaschuk

Receipt of glucose-fructose syrups using elektroaktyvovanoyi water

Glucose-fructose syrups are the most promising substitute for sugar production in the world is constantly growing. Syrups used in carbohydrate metabolism are shown in patients with diabetes and people who suffer significant mental and physical stress.

The process of hydrolysis of sucrose using as solvent elektroaktyvovanoyi water to obtain a glucose-fructose syrups. As a raw material used white sugar and yellow sugar the second product of sugar production. The results of research. Optimal concentrations of solutions, 40 % for white sugar and 25 % for yellow sugar. A method of obtaining glucose-fructose syrups with a degree of hydrolysis of 35 – 100 %, depending on user requirements. Hydrolysis can be carried out in the temperature range 65 – 90 °C. Glucose-frukozni syrups can be used for food rehamentovanymy quantities of sugary substances.

Key words: sugar substances, glucose-fructose syrups, monosaccharides, electro-activated water.

Одержана редколегією 07.12.2011 р.

Т.Т. НОСЕНКО, канд. біол. наук,
А.О. ОЛЕКСЕНКО, магістр
Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИБІЛЮВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ НА ВМІСТ ПРОДУКТІВ ОКИСНЕННЯ

Метою роботи було дослідження накопичення продуктів окиснення в рослинній олії під час її рафінації та можливостей зменшення їх вмісту зміною параметрів адсорбційної рафінації.

Досліджено вплив кількості адсорбенту та ступенів обробки під час адсорбційної рафінації на значення пероксидного та анізидинового числа. Збільшення кількості адсорбенту та двократна обробка суттєво не зменшували вмісту продуктів окиснення в олії.

Ключові слова: окиснення, соняшникова олії, рафінація, пероксидне число, анізидинове число.

Окиснення жирних кислот під дією кисню повітря — основний процес, який обмежує термін придатності до споживання різноманітних жирів та продуктів, що містять жири. Актуальним завданням виробників жирових

продуктів є запобігання окисненню жирів та мінімізація накопичення продуктів окиснення. Окиснення жирів під дією кисню повітря одержало назву перекисного окиснення в зв'язку з тим, що первинними продуктами такого окиснення є пероксидні сполуки, в першу чергу перокси- та гідроперокси-кислоти. Такі продукти дуже нестабільні і самі виступають ініціаторами окиснення. Тому вони ініціюють наступні реакції окиснення і процес окиснення має ланцюговий характер. На наступних стадіях утворюються карбонільні сполуки (вторинні продукти окиснення) тощо.

Швидкість та глибина перекисного окиснення жиру залежить від зовнішніх чинників, як то: температури, освітлення, наявності вологи, про- та антиоксидантів [1]. Крім того, швидкість накопичення продуктів окиснення визначається також складом жирних кислот жиру. Відомо, що жири збагачені поліненасиченими жирними кислотами значно швидше окиснюються киснем повітря, ніж жири, в складі яких переважають мононенасичені та насичені жирні кислоти [2]. Отже, накопичення продуктів окиснення в жирах — це багатофакторний процес і це ускладнює розв'язання завдання щодо його запобігання.

Очевидно, що для підвищення стійкості жирів до окиснення всі технологічні процеси необхідно проводити за мінімального впливу несприятливих чинників та із застосуванням високоякісної вихідної сировини.

Аналіз експериментальних та практичних даних свідчить, що вміст деяких продуктів окиснення (переважно первинних) можна зменшити шляхом адсорбційної рафінації та під час дезодорації. Проте залишається відкритим питання, чи зменшення вмісту первинних продуктів окиснення жирів в такому випадку зумовлене їх видаленням із жиру, чи, можливо, вони зазнають перетворення із утворенням продуктів більш глибокого окиснення. Експериментальні дані свідчать також, що видалення продуктів окиснення із жиру не збільшує стійкість жиру до окиснення [3, 4].

Таким чином, актуальним є дослідження впливу окремих стадій рафінації жирів на процес окиснення та можливість регулювання його швидкості.

Метою даної роботи було дослідження накопичення продуктів окиснення в рослинній олії під час її рафінації та впливу технологічних параметрів адсорбційної рафінації на накопичення продуктів окиснення.

Нами було проведено дослідження якості соняшникової олії, яка надходила для виробництва рафінованої вибіленої дезодорованої олії марки «П» на ВАТ «Київський маргариновий завод». Значення пероксидного числа олії, що надходила на переробку, визначали щоденно протягом жовтня місяця і воно коливалось в межах від 2,3 до 12,0 мМоль $1/2$ О/кг, середньомісячне значення становило 7,0 мМоль $1/2$ О/кг.

Після проведення нейтралізації олії знову були визначені значення пероксидного числа олії. Цей показник, вимірюваний щоденно протягом місяця, коливався від 8,7 до 10,2 мМоль $1/2$ О/кг. Середньомісячне значення пероксидного числа олії, яка поступає після нейтралізації на вибілювання становило 9,5 ммоль $1/2$ О кг.

Отже, значення пероксидного числа олії після перекачування олії з транспорту, зберігання у баках, перекачування в рафінаційний цех та стадії нейтралізації в середньому зростає на 30 %. Це свідчить про високу швидкість накопичення первинних продуктів окиснення олії під час цих технологічних операцій. Проте вимірювання середньомісячного показника дещо нівелює визначення впливу окремих операцій на накопичення пероксидних сполук. Тому нами було проаналізовано зміни показників якості олії на одній і тій самій партії, яка поступила на завод і послідовно пройшла всі стадії рафінації. Для цього експерименту була використана олія, отримана методом холодного пресування з насіння урожаю 2010 року. Дана партія олії мала невисоке значення кислотності та низьку ступінь окисненості, визначену за пероксидним та анізидиновим числом.

Результати визначення кислотного числа олії після проведення окремих операцій наведені в таблиці. Кислотне число олії закономірно зменшувалось внаслідок нейтралізації, а також під час дезодорації, на наступних етапах переробки спостерігалось незначне збільшення.

Зміни кислотного числа олії в процесі рафінації

Технологічна операція	Кислотне число, мг КОН/г
Надходження на завод	0,65
Зберігання	0,70
Нейтралізація	0,22
Вибілювання	0,27
Дезодорація	0,10
Виморожування восків	0,13
Перед фасуванням	0,15
Зберігання (14 діб)	0,20

Динаміка змін показників якості олії протягом її переробки наведена на рисунку 1. Вміст пероксидів в олії суттєво збільшувався протягом зберігання в баках і дещо — внаслідок нейтралізації, за цей період значення пероксидного числа зросло більш як втричі. Значення анізидинового числа практично не змінилось на цих стадіях і становило лише 0,2 – 0,4. Після проведення адсорбційної рафінації вміст продуктів окиснення в олії зазнав протилежно направлених змін — пероксидне число зменшилось майже до нульового значення і становило 0,2 мМоль $1/2$ О/кг, в той же час суттєво зріс вміст карбонільних сполук в олії і анізидинове число зросло до значення 3, 4. Заслугує на увагу той факт, що між зростанням анізидинового числа і зменшенням пероксидного спостерігається висока кореляція: анізидинове число зростає приблизно до значення пероксидного числа перед вибілюванням. Можна припустити, що в процесі адсорбційної рафінації відбувається окиснення пероксидних сполук з утворенням карбонільних.

На наступних стадіях (дезодорація, виморожування восків, фасування олії) вміст пероксидів в олії практично не змінювався і був мінімальним. Значення пероксидного числа дещо зросло лише під час зберігання фасованої в ПЕТ пляшку олії. Значення анізидинового числа дещо зменшувалось в дезодорованій олії і становило після дезодорації 2, 2. Зменшення

ТЕХНОЛОГІЯ

анізидинового числа внаслідок дезодорації можна пояснити тим, що в умовах вакууму за високої температури дистилуються леткі альдегіди та кетони. Наприкінці досліджень (після зберігання фасованої дезодорованої олії протягом 14 діб) анізидинове число зросло знову до значення 3,5 і таким чином значення цього показника перевершує допустимі значення, наприклад, для рослинної олії марки «Д». Очевидно, що накопичення вторинних продуктів окиснення під час вибілювання олії та видалення токоферолів, є причиною подальшого зростання цього показника в олії під час зберігання та зменшення стійкості олії до окиснення. Тому зменшення вмісту карбонільних сполук в жирах залишається нагальним завданням.

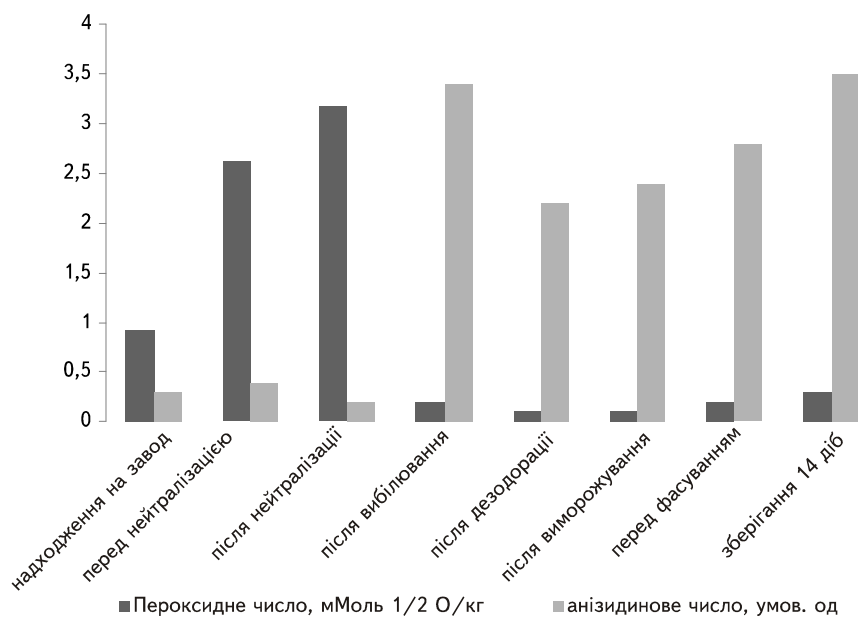


Рис. 1. Зміна показників окиснення олії на технологічних стадіях переробки олії

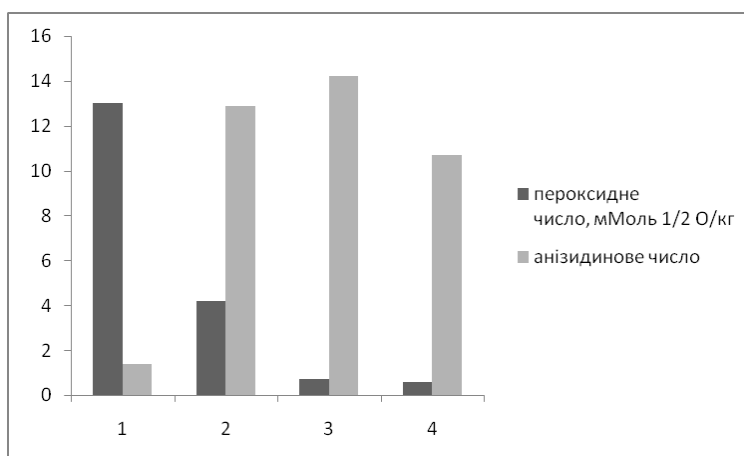


Рис. 2. Значення показників окиснення в олії за різних параметрів адсорбційної рафінації (1 — до рафінації; 2 — витрати адсорбенту 7 кг/т; 3 — подвійна витрата адсорбенту; 4 — двократне вибілювання)

З цією метою нами було досліджено вплив умов адсорбційної рафінації на вміст продуктів окиснення в олії. Для цього було проведено адсорбційну рафінацію олії за таких умов:

- звичайне вибілювання (витрати адсорбенту 0,7 %);
- вибілювання з подвійною витратою адсорбенту;
- двократне вибілювання.

Для рафінації використовували суміш адсорбентів Tonsil 4120 AFF та Jeltar F160. Отримані результати представлені на рис. 2.

В даній серії експериментів початкове значення пероксидного числа була досить високим, при цьому анізидинове число все ще залишалось низьким. Після адсорбційної рафінації (витрати адсорбенту 7 кг/т) вміст пероксидів зменшився, проте не достало. Очевидно, що при високих значеннях цього показника ($8 - 12$ ммоль $\frac{1}{2}$ O /кг) витрати глини необхідно збільшувати до 10 кг на тонну сировини. В той же час значно зросло анізидинове число (до 12,9 ум. од.). При збільшенні витрат адсорбенту вдвічі пероксидне число після рафінації зазнало більш суттєвих змін, проте не набуло нульового значення, а значення анізидинового числа зросло до 14,2 ум. од. У випадку двократного вибілювання анізидинове число знизилось до 10,7 ум. од., однак це в два рази перевищує рекомендовану норму для олії марки «П» (5 ум. од.).

Висновки. Таким чином, проведені нами дослідження у виробничих умовах свідчать, що в результаті рафінації олії кислотне та пероксидне число зменшуються майже до нульового значення на момент фасування у пляшки та випуску з підприємства, а в подальшому при зберіганні можуть дуже незначно збільшуватися внаслідок окиснення повітрям, що залишилось у вільному просторі пляшки. Проте значення анізидинового числа після рафінації олії зросло майже на порядок порівняно із його значенням у сировині, що поступає на переробку. Крім того, нами виявлена тенденція до подальшого його зростання в процесі зберігання олії. На наш погляд, критичними з точки зору накопичення продуктів окиснення є такі стадії як: зберігання сирової олії, нейтралізація та вибілювання.

Збільшення витрат адсорбенту під час адсорбційної рафінації та двократне вибілювання не призводять до суттєвого зменшення анізидинового числа олії. Єдиним способом зменшення анізидинового числа в рафінованій олії є запобігання окисненню та жорсткий контроль за пероксидним числом олії, що поступає на зберігання та подальшу переробку. Бажано, щоб значення цього показника не перевищувало $5 - 5,5$ ммоль $\frac{1}{2}$ O кг.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Руководство по предотвращению окисления масла* / под ред. В.В. Ключкина — Санкт-Петербург, 1997. — 212 с.
2. *Ефименко С.Г.* Устойчивость к окислению высокоолеинового подсолнечного масла в зависимости от содержания линолевой кислоты и токоферолов / С.Г. Ефименко, С.К.Ефименко // Масложировой комплекс. — 2010. — № 2. — С. 41 — 43.
3. *Золочевский В.Т.* Окисление масла при отбелке в схемах физической рафинации / Золочевский В.Т. // Масла и жиры. — 2009. — № 4. — С. 23 — 26.
4. *Золочевский В.Т.* Изменение состава и свойств растительных масел при дезодорации в схемах физической рафинации / Золочевский В.Т. // Масла и жиры. — 2009. — № 10. — С. 8 — 11.

Целью работы было исследование накопления продуктов окисления в растительном масле в течении рафинации и возможностей уменьшения их содержания изменением параметров адсорбционной рафинации.

Исследовано влияние количества адсорбента и стадий обработки во время адсорбционной рафинации на значение пероксидного та анизидинового чисел. Ни увеличение количества адсорбента, ни двукратная обработка существенно не снижали содержания продуктов окисления в масле.

Ключевые слова: окисление, подсолнечное масло, рафинация, пероксидное число, анизидиновое число.

T. Nosenko, A. Oleksenko

***Investigation of technological parameters of sunflower oil bleaching
influence on the oxidized products content***

Investigation of oxidized products accumulation in vegetable oil during refining and possibility of their decreasing by variation of bleaching parameters were the purpose of this work.

Oxidized products content was evaluated according to the peroxide and anisidine value, free fatty acid content according to acid value respectively. Acid, peroxide and anisidine value were determined according to standard methods.

Most important changes of oxidation degree oil were due to bleaching: peroxide value became by order of magnitude lower and anisidine value increased almost by the same order. The influence of bleaching clay quantity and quantity of bleaching clay treatment on the peroxide and anisidine value was investigated. Neither influence of bleaching clay quantity nor double bleaching clay treatment decreased oxidized products content substantially.

Key words: oxidation, sunflower oil, refining, peroxide value, anisidine value

Одержана редколлегією 03.10.2011 р.

УДК 639.38:006.83

О.В. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф.,

А.О. ТУНІЦЬКА, асп.

Київський національний торговельно-економічний університет

ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ТА БЕЗПЕЧНІСТЬ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СТРУКТУРОУТВОРЮВАЧІВ

В даній статті представлено функціональну характеристику сировини для виробництва структуроутворювачів. Проаналізовано результати власних досліджень хімічного складу вторинної рибної сировини — голів, кісток та плавців товстолобика. Наведено результати досліджень вмісту токсичних елементів у вторинній рибній сировині. Експериментально підтверджено, що відходи переробки прісноводних риб є перспективною сировиною для виробництва функціональних структуроутворювачів.

Ключові слова: функціональні структуроутворювачі, вторинна рибна сировина, прісноводні риби, безпека рибної сировини, харчова цінність.

Сьогодні перед рибною галуззю України поставлено завдання підвищення ефективності використання і розвитку ресурсного потенціалу вітчизняного рибогосподарського комплексу з метою збільшення обсягів виробництва харчової рибної продукції. Відповідно постає проблема комплексної переробки рибної сировини та раціонального використання рибних відходів [1].

Особливістю діяльності рибопереробної галузі України є те, що за останні десятиріччя 70 – 80 % риби та морепродуктів виловлювалися в межах морських економічних зон іноземних держав та відкритої частини світового океану і лише 20 – 30 % в морській економічній зоні та внутрішніх водоймах України.

Зниження обсягів вилову та переробки важливих об'єктів промислу змушує вітчизняні рибопереробні підприємства шукати нові альтернативні об'єкти. Можливим напрямком компенсації зниження вилову риби у світовому океані є освоєння внутрішніх ресурсів країни. За 2010 рік вилов риби у внутрішніх водоймах склав 38,4 тис. т, що менше показника відповідного періоду 2009 року на 3.8 тис. т, або майже на 9 %. Білий і строкатий товстолобик складають понад 45 % товарної продукції у ставках. [3].

За останні роки на продовольчому ринку України прослідковувалася тенденція щодо підвищення виробництва та споживання продуктів переробки прісноводних риб, зокрема, у вигляді напівфабрикатів високого ступеня готовості. Проте використання таких перспективних об'єктів ставкового розведення, як білий амур, строкатий і білий товстолобик під час їх промислової переробки супроводжуються утворенням великої кількості відходів, які можуть бути додатковим джерелом тваринного білка.

Основними відходами прісноводних риб при її первинній обробці є голови, кістки, плавці, луска, нутрощі, які, як правило, направляються на виготовлення кормового рибного борошна, ветеринарного і технічного жиру [4]. Також одним із перспективних напрямків використання малоцінної рибної сировини є виробництво функціональних структуроутворювачів. Великий попит на натуральні структуроутворювачі пов'язаний із застосуванням сучасних технологій виробництва на підприємствах рибної, масложирової, м'ясної, молочної промисловості. Останнім часом спостерігається значне розширення сегмента світового ринку структуроутворювачів. Ринок

© О.В. Сидоренко, А.О. Туніцька, 2012

ТЕХНОЛОГІЯ

гідроколоїдів перебуває у стані постійного розвитку, з'являються нові види продукції, кожний з яких характеризується певними функціональними властивостями. Також слід зазначити, що переважна більшість структуроутворювачів на ринку України представлена іноземними виробниками, що обумовлює необхідність виробництва структуроутворювачів вітчизняного виробництва.

Отже, розробка технології структуроутворювачів на основі вторинної рибної сировини є актуальним питанням рибопереробної промисловості, оскільки дозволяє істотно підвищити ефективність переробки рибних відходів, рентабельність рибообробних виробництв, поліпшити структуру харчування населення, зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище.

Питанням комплексної переробки гідробіонтів займалися вітчизняні та зарубіжні вчені: Г.Н. Ким, П.В. Микитюк, І. П. Муравйова, П.І. Андрусенко, Р.Г. Розумовська, Т.М. Сафронова, Н.Р. Сергієва, Н.А. Студенцова, С.А. Артюхова, В.М. Дацун, Б.Н. Семенов, В.П. Терещенко.

Проте невирішеною залишається проблема раціонального використання риб внутрішніх прісноводних водойм з метою комплексної їх переробки та виробництва вітчизняних ефективних структуроутворювачів.

Метою роботи було дослідження харчової цінності та безпечності сировини для виробництва функціональних структуроутворювачів.

Об'єктом дослідження була вторинна рибна сировина (голови, кістки, плавці) від розбирання товстолобика — найбільш масового об'єкта аквакультури України на сьогоднішній день.

Важливим критерієм вибору раціональних способів використання та переробки рибної сировини є її хімічний склад. Саме він визначає харчову та біологічну цінність риби [5]. Проведені дослідження вказують, що хімічний склад товстолобика залежить від сезону вилову і фактично не залежить від розмірно-масових характеристик.

Масовий склад товстолобика характеризується наступним співвідношенням окремих складових частин (табл. 1).

Таблиця 1. Масовий склад товстолобика (М ± м), %

Вид риби	Тушка	Філе	Голова	Внутрішні органи	Кістки	Луска	Плавці
Білий товстолобик	61,4 ± 0,6	52,1 ± 0,8	11,1 ± 0,4	11,6 ± 0,6	9,3 ± 0,8	2,7 ± 0,3	1,3 ± 0,04
Строкатий товстолобик	56,9 ± 0,7	50,2 ± 0,6	28,3 ± 0,5	8,5 ± 0,3	7,4 ± 0,5	3,1 ± 0,3	1,7 ± 0,03

Таким чином, голова, кістки та плавники білого товстолобика складають 21,7 %; строкатого товстолобика — 37,4 % від маси цілої риби.

Встановлено, що в організмі прісноводних риб близько однієї третини всієї кількості азотистих речовин становлять колагенові сполуки. Основним білком кісткового скелета риб є фібрилярний білок, що складає основу колагеновмісних волокон сполучної тканини і забезпечує її міцність.

Під час термічної обробки колаген переходить в желюючу речовину глютин. Це процес, під час якого квазикристалічне, нерозчинне у воді колагенове волокно перетворюється з безкінечної асиметричної сітки взаємозв'язаних тропоколагенових одиниць в водорозчинну систему незалежних молекул з низьким ступенем упорядкованості. Чим більшу частку складають високомолекулярні з'єднання, тим швидше протікає процес студнеутворення і желююча речовина має більшу міцність. Тому вміст даних білків є одним з важливих показників під час вибору сировини [6].

Нами було проведено дослідження хімічного складу товстолобика, що підтвердило доцільність його використання для виробництва структуроутворювачів (табл. 2).

Таблиця 2. Хімічний склад товстолобика

Об'єкт	Вміст, %			
	Вода	Білки	Ліпіди	Мінеральні речовини
Кістки	61,9	18,7	8,5	24,8
Голови	77,9	10,9	2,0	29,6
Плавці	49,5	17,3	1,7	49,0

Результати досліджень хімічного складу показали, що плавці товстолобика, які складають незначну частину тіла риби (від 1,5 – 4 % його маси) є джерелом макро- і мікроелементів, що зумовлено найвищим вмістом мінеральних речовин (49,0 %) порівняно з кістками (24,8 %) та головами (29,6 %). Проте плавці характеризуються досить невисоким вмістом жирів (1,7 %) і достатньою кількістю білка (17,3 %), представленого переважно колагеном або осеїном. Також встановлено, що голови товстолобика містять 10,9 % білків та 2 % жирів. Невисокий вміст жирів обумовлений тим, що до складу голів прісноводних риб входить переважно кісткова тканина, в меншій мірі — м'язева. Варто відмітити, що кістковий скелет товстолобика, на відміну від плавців і голів, має найбільшу кількість білків (18,7 %) та жирів (8,5 %).

Отже, проведені дослідження хімічного складу вторинної рибної сировини (кісток, голів, плавців) свідчать про її високу харчову та енергетичну цінність. За хімічним складом зазначений вид риби можна віднести до перспективної сировини для виготовлення натуральних структуроутворювачів, яка характеризується середньою жирністю і високим вмістом білків та мінеральних речовин.

Основною складовою характеристики вторинної рибної сировини для виробництва структуроутворювачів є дослідження токсикологічної безпечності. Встановлено, що кістки є депо для накопичення важких металів. Важкі метали належать до так званих мікроелементів — хімічних елементів, що присутні в живих істотах у низьких концентраціях. Ці елементи подібно до вітамінів потрібні людському організму для його нормального функціонування. Проте нестача або надлишок мікроелементів в організмі, зокрема і важких металів, спричинює різні захворювання.

З еколого-токсикологічних позицій не всі токсичні елементи можуть бути сприйняті односторонньо. Перш за все, інтерес викликають ті, що у значних об'ємах використовуються у виробничій діяльності людини та в результаті постійного накопичення в навколишньому середовищі, являють собою значну небезпеку з точки зору їх біологічної активності та токсичних проявів.

У зв'язку з цим нами було досліджено вміст токсичних елементів у вторинній рибній сировині (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст токсичних елементів у вторинній рибній сировині

Токсичні елементи	Вміст, мг/кг	Допустимі рівні, мг/кг, не більше
Цинк	1,1	40,0
Мідь	0,1	10,0
Ртуть	0,0002	0,3
Свинець	0,011	1,0
Кадмій	0,009	0,2
Миш'як	0,7	1,0

Результати досліджень показують, що вміст токсичних речовин у вторинній рибній сировині в цілому не перевищує допустимих норм і відповідає встановленим медико-біологічним нормам [2]. Проте відмічено достатньо високий вміст миш'яку (0,7 мг/кг), що зумовлено фізіологічним станом, інтенсивністю обмінних процесів гідробіонтів, місцем, часом вилову, умовами годівлі та іншими екологічними чинниками.

Висновки. Провівши дослідження харчової цінності та безпечності вторинної рибної сировини можна зробити висновок, що найбільш перспективним напрямком одержання вітчизняних, високоякісних структуроутворювачів є ефективна переробка вторинних рибних ресурсів, що мають високу харчову цінність. Розвиток сучасних технологій переробки вторинної рибної сировини, розробка нових видів продукції на їх основі дозволить досить істотно розширити сировинну базу, підвищити конкурентоспроможність вітчизняних підприємств, харчову цінність готової продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лисовой В.В. Отходы переработки товарной прудовой рыбы как дополнительный сырьевой источник получения животного белка / В.В. Лисовой, Е.Е. Иванова // Известия КГТ. — 2010. — № 18. — С. 49.

ТЕХНОЛОГІЯ

2. *Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і продуктів харчування* N 5061-89 от 01.08.89.

3. *Рибне господарство України*. Статистичний збірник / Державний комітет статистики України. — К., 2011. — С. 44.

4. *Сидоренко О.В.* Формування асортименту та якості риби рослинних продуктів: монографія / О. В. Сидоренко. — К. : КНТЕУ, 2006. — С. 313.

5. *Сидоренко О.В.* Теоретико-практичні засади розробки рибних кулінарних виробів підвищеної біологічної цінності / Сидоренко О.В., Москалюк Р.С., Романенко О.В. // Вісник ДонНУЕТ. — 2009. — № 1(41). — С. 166.

6. *Цибизова М.Е.* Ферментация костной ткани рыбного сырья как один из этапов получения структурообразователей / Цибизова М.Е., Язенкова Д.С., Акимова А.Ю. // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2010. — № 2. — С. 146.

В данной статье представлено функциональную характеристику сырья для производства структурообразователей. Проанализированы результаты собственных исследований химического состава вторичного рыбного сырья — голов, костей и плавников толстолобика. Подано результаты исследований содержания токсичных элементов в малоценном рыбном сырье. Экспериментально подтверждено, что отходы переработки пресноводных рыб являются перспективным сырьем для производства функциональных структурообразователей.

Ключевые слова: функциональные структурообразователи, вторичное рыбное сырье, пресноводные рыбы, безопасность рыбного сырья, пищевая ценность.

O. Sydorenko, A. Tynitska

Food value security and raw materials for the production of functional structure substances

This paper presents the functional characterization of raw materials for production structure substances. A study of mass composition of freshwater fish. Presented by the promising areas of processing of fish waste. The features of the fish processing industry of Ukraine.

Analyzed the results of investigations of the chemical composition of secondary raw fish — heads, bones and fins carp. The results of studies of the toxic elements in low-grade raw fish.

Experimentally confirmed that the waste processing freshwater fish is a promising raw material for production structure substances.

Key words: functional structure substances, secondary raw fish, freshwater fish, raw fish safety, nutritional value.

Одержана редколлегією 09.12.2011 р.

УДК 579.841: 577.114

Т.П. ПИРОГ, д-р біол. наук,
С.О. ГАРБАРЧУК, магістрант,
О.М. САВЧУК, магістрант
Національний університет харчових технологій

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ НА СИНТЕЗ МІКРОБНОГО ПОЛІСАХАРИДУ ЕТАПОЛАНУ НА СУМІШІ C₂ – C₆-СУБСТРАТІВ

Нейтралізація культуральної рідини органічними кислотами під час культивування *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 на суміші ацетату і меляси супроводжувалася підвищенням на 17 – 40 % показників синтезу етаполану і у 7 – 9 разів в'язкості його розчинів за присутності катіонів K⁺ і системі Cu²⁺-гліцин порівняно з показниками процесу без регуляції рН. Етаполан з такими властивостями може використовуватися для інтенсифікації нафтовидобутку.

Ключові слова: екзополісахариди, інтенсифікація біосинтезу, органічні кислоти, регуляція рН, в'язкість.

У попередніх дослідженнях було встановлено, що під час вирощування *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 — продуцента екзополісахариду (ЕПС) етаполану на суміші ацетату і меляси можна підвищити показники синтезу цільового продукту за таких умов: зниження початкової концентрації субстратів до 25 % їхнього загального вмісту з наступним дробним внесенням субстратів у процесі вирощування продуцента до кінцевої концентрації 1,1 – 1,48 % ацетату і 0,75 – 1,0 % меляси, а також підтримання рН на рівні 7,5 у процесі культивування продуцента [1].

У процесі росту штаму IMB B-7005 на суміші ацетату і меляси спостерігається підвищення рН до 9,0 – 9,5 (оптимум для синтезу етаполану 7,0 – 8,0) в результаті транспорту ацетату натрію у клітини симпортом з протоном [1, 2]. Підкислення у процесі культивування розчином соляної кислоти призводить до накопичення у культуральній рідині NaCl і необхідності подальшого діалізу для очищення препарату. Крім того, за присутності NaCl знижується в'язкість розчинів етаполану. Передбачається, що підкислення можна здійснювати внесенням у середовище водорозчинних органічних кислот циклу трикарбонових кислот (ЦТК) — лимонної, бурштинової тощо. У цьому разі можна очікувати не тільки регуляції рН до оптимального для синтезу етаполану рівня, а й підвищення синтезу етаполану за рахунок залучення цих органічних кислот до гліоксилатного циклу (лимонна) і глюконеогенезу (бурштинова) і використання їх як додаткового джерела вуглецю. Крім того, за присутності лимонної кислоти у середовищі культивування штаму IMB B-7005 можна очікувати й покращення реологічних властивостей розчинів етаполану за рахунок збільшення у його складі вмісту жирних кислот (за аналогією з підвищенням синтезу поверхнево-активних ліпідів за присутності цитрату [3, 4]).

У зв'язку з викладеним вище мета роботи полягала у дослідженні регуляції рН у процесі культивування продуцента етаполану на суміші ацетату і меляси органічними кислотами ЦТК.

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

ТЕХНОЛОГІЯ

Культивування бактерій здійснювали в колбах на качалці (300 об/хв) при 30 °С упродовж 72 – 120 год на рідкому мінеральному такого складу (г/л): KH_2PO_4 — 3,0; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,4; $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001.

У середовища додатково вносили 0,5 % (об'ємна частка) дріжджового автолізу та 0,0006 % (масова частка) пантотенату кальцію (вітамін B_5). Штам *Acinetobacter* sp. IMB B-7005 є ауксотрофом за цим вітаміном. Як джерело вуглецю та енергії використовували суміш ацетату натрію (1,1 – 1,65 %, масова частка) і меляси (0,75 – 1,13 % за вуглеводами, масова частка).

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної (18 – 20 год) фази росту, вирощену на середовищі наведеного вище складу, що містило як джерело вуглецю і енергії ацетат натрію (0,7 %). Концентрація інокуляту становила 10 %.

Упродовж культивування (кожні 24 год) здійснювали підкислення культуральної рідини до рН 7,0 – 7,2 10 %-ним розчином соляної, 6 %-ним розчином бурштинової, 8 %-ним розчином щавлевої, 20 %-ним розчином лимонної та 9 %-ним розчином оцтової кислот.

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

Кінематичну в'язкість 0,1 %-них розчинів етаполану вимірювали на скляному віскозиметрі Оствальда ВПЖ-4 при температурі 20 °С.

Властивості розчинів етаполану оцінювали за зміною їх кінематичної в'язкості за присутності 0,1 М КСІ та у системі Cu^{2+} -гліцин. Для вивчення поведінки розчинів етаполану в системі Cu^{2+} -гліцин до розчину ЕПС додавали 0,003 М $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ та 0,015 М гліцину; розчин нагрівали до 80 °С і витримували при цій температурі 5 хв, після чого охолоджували.

Для порівняння властивостей розчинів етаполану як критерій оцінки використовували відносне збільшення в'язкості його розчинів, яке визначали за формулою:

$$\text{Відносне збільшення в'язкості} = \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_0} \times 100 \%,$$

де: η_1 — в'язкість розчину ЕПС у досліджуваних умовах (за присутності 0,1 М КСІ і системі Cu^{2+} -гліцин); η_0 — в'язкість розчину ЕПС у дистильованій воді.

На першому етапі досліджували синтез етаполану на суміші ацетату і меляси з щодобовою нейтралізацією культуральної рідини лимонною, щавлевою і бурштиновою кислотами (табл. 1).

Таблиця 1. Синтез етаполану на суміші ацетату (1,1 %) і меляси (0,75 %) за регуляції рН культуральної рідини органічними кислотами

Кислота для регуляції рН	АСБ, г/л	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС / г АСБ
Без регуляції рН	1,10 ± 0,05	9,2 ± 0,4	8,36 ± 0,43
Лимонна	1,08 ± 0,05	10,8 ± 0,5	10,0 ± 0,5
Бурштинова	1,12 ± 0,05	11,6 ± 0,6	10,4 ± 0,5
Щавлева	1,12 ± 0,05	11,8 ± 0,6	10,5 ± 0,5

Примітка. Початкове значення рН середовища 7,0. У процесі культивування один раз на добу рН доводили розчинами органічних кислот до 7,0 – 7,2. Для регуляції рН використовували 20 %-й розчин лимонної, 6 %-й розчин бурштинової і 8 %-й розчин щавлевої кислот.

Як видно з наведених у табл. 1 даних, використання органічних кислот для нейтралізації культуральної рідини під час росту штаму IMB B-7005 на суміші ацетату і меляси дало змогу підвищити кількість синтезованих ЕПС на 17 – 28, а ЕПС-синтезувальну здатність — на 20 – 26 % порівняно з показниками процесу без регуляції рН. Зазначимо, що за внесення органічних кислот не спостерігали підвищення синтезу біомаси.

Експериментальні дослідження і розрахунки дали змогу встановити, що кількість вуглецю, що додатково вноситься у середовище у вигляді розчинів кожної з органічних кислот, становить близько 0,1 г. Цієї кількості вуглецю недостатньо для підвищення синтезу етаполану до 10,8 – 11,8 г/л (див. табл. 1). Отже, збільшення кількості синтезованого за присутності органічних

кислот етаполану може бути зумовлене двома причинами: встановленням оптимального для синтезу значення рН і/або посиленням за таких умов глюконеогенезу.

Деяко нижчі показники синтезу етаполану за нейтралізації культуральної рідини лимонною кислотою порівняно з використанням для регуляції рН щавлевої і бурштинової кислот (див. табл. 1) можуть бути зумовлені залученням цитрату переважно до енергетичного, а не конструктивного метаболізму (у циклі трикарбонних кислот на синтез відновлювальних еквівалентів).

Раніше [1] нами було показано, що за нейтралізації упродовж процесу біосинтезу етаполану культуральної рідини розчином соляної кислоти з наступним дробним внесенням ацетату і меляси показники синтезу підвищуються на 30 %. Як засвідчують результати, наведені у даній праці, використання для регуляції рН органічних кислот дає змогу досягти практично таких самих результатів без дробного внесення субстратів, що значно спрощує технологію одержання етаполану.

Оскільки за присутності ацетату натрію в середовищі ферментні системи *Acinetobacter* sp. ІМВ В-7005 пристосовані до споживання оцтової кислоти, ми припустили, що можна підвищити кількість синтезованого екзополісахариду, використовуючи для регуляції рН цю органічну кислоту. Подальші експерименти підтвердили наше припущення (табл. 2).

Таблиця 2. Вплив оцтової кислоти на синтез етаполану на суміші різних концентрацій ацетату натрію і меляси

Концентрація субстратів у суміші, %	Регуляція рН у процесі культивування	АСБ, г/л	ЕПС, г/л	ЕПС-синтезувальна здатність, г ЕПС/ г АСБ
Ацетат, 1,1 + меляса, 0,75	–	1,10 ± 0,05	9,2 ± 0,4	8,36 ± 0,43
Ацетат, 1,1+ меляса, 0,75	+	1,11 ± 0,05	12,4 ± 0,6	11,2 ± 0,56
Ацетат, 1,65+ меляса, 1,13	–	1,08 ± 0,05	9,5 ± 0,5	8,80 ± 0,44
Ацетат, 1,65+ меляса, 1,13	+	1,15 ± 0,05	12,9 ± 0,6	11,2 ± 0,56

Примітка. Початкове значення рН середовища 7,0. Для регуляції рН до 7,0 – 7,2 упродовж процесу культивування використовували 9 %-й розчин оцтової кислоти.

Як видно з наведених у табл. 2 даних, незалежно від концентрації моносубстратів у суміші за нейтралізації культуральної рідини оцтовою кислотою у процесі культивування штаму В-7005 показники синтезу етаполану були вищими порівняно з вирощуванням продуцента без регуляції рН, а також вищими, ніж у разі використання для нейтралізації інших органічних кислот (табл. 1 і 2). Так, за таких умов культивування ЕПС-синтезувальна здатність становила 11,2 г ЕПС/ г АСБ, а кількість синтезованого етаполану досягала 12,4 – 12,9 г/л (табл. 2). Зазначимо, що ефективність трансформації вуглецю субстратів у цільовий продукт знижувалась за підвищення концентрацій ацетату натрію і меляси у суміші.

Так, у разі збільшення концентрації моносубстратів на 50 % кількість синтезованого етаполану підвищилась всього на 0,5 г/л (табл. 2). На нашу думку, це явище зумовлене не-достатнім масообміном під час культивування продуцента етаполану в колбах на качалці. У процесі синтезу етаполану значно підвищується в'язкість культуральної рідини, що в свою чергу утруднює перемішування і споживання поживних речовин клітинами бактерій.

Відомо, що умови культивування продуцента впливають не тільки на синтез ЕПС, а й на хімічні властивості кінцевого продукту [5, 6]. У різних умовах культивування може змінюватися хімічний склад ЕПС, молекулярна маса, співвідношення кількох полісахаридів, що впливає на реологічні властивості ЕПС, які визначають практичну значущість цих полімерів. У зв'язку з цим на наступному етапі досліджували реологічні властивості розчинів етаполану, синтезованого на суміші ацетату та меляси за нейтралізації середовища культивування водорозчинними органічними кислотами (табл. 3).

Розчини етаполану, синтезованого під час культивування штаму ІМВ В-7005 на суміші ацетату і меляси з періодичною нейтралізацією культуральної рідини, характеризувалися вищою в'язкістю за присутності 0,1 М КСІ і у системі Cu^{2+} -гліцин порівняно з ЕПС, одержаним у процесі без регуляції рН. Заслугове особливу увагу той факт, що використання органічних кислот для регуляції рН супроводжувалося синтезом етаполану з покращеними реологічними характеристиками. Так, відносно збільшення в'язкості за присутності 0,1 М КСІ і у системі

ТЕХНОЛОГІЯ

Cu²⁺-гліцин розчинів етаполану, синтезованого у процесі з нейтралізацією культуральної рідини щавлевою кислотою становить 46,2 і 1156 % відповідно, що у 7 – 9 разів вище порівняно з в'язкістю розчинів ЕПС, одержаного згідно вихідної технології (без регуляції рН) і у 4 рази вище, ніж у разі використання для регуляції рН соляної кислоти (табл. 3).

Таблиця 3. Відносне збільшення в'язкості 0,1 % розчинів етаполану, синтезованого на суміші ацетату натрію і меляси

Умови культивування	Відносне збільшення кінематичної в'язкості (%) за присутності	
	0,1 М КСІ	Cu ²⁺ -гліцин
Без регуляції рН	5,1 ± 0,2	158 ± 7
Регуляція рН соляною кислотою	10,0 ± 0,5	285 ± 14
Регуляція рН оцтовою кислотою	25,7 ± 1,2	450 ± 22
Регуляція рН щавлевою кислотою	46,2 ± 2,3	1156 ± 57

Примітка. Етаполан осаджували з культуральної рідини ізопропанолом, осад промивали у чистому ізопропанолі і висушували при кімнатній температурі упродовж доби.

Висновки. Отже, в результаті проведеної роботи показано ефективність використання органічних кислот (оцтова, лимонна, бурштинова, щавлева) для регуляції рН культуральної рідини упродовж вирощування продуцента етаполану на суміші ацетату натрію та меляси. Найвищі показники синтезу етаполану (12,4 – 12,9 г/л ЕПС проти 9,2 г/л у варіанті без підкислення), спостерігалися у разі застосування для нейтралізації середовища оцтової кислоти. За таких умов культивування синтезується етаполан, розчини якого характеризуються покращеними реологічними характеристиками, що визначають його практичну значущість.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Пирог Т.П.* Інтенсифікація синтезу мікробного полісахариду етаполану на суміші ацетату і меляси / Т.П. Пирог, О.М. Савчук, Ф.В. Мучник // Харчова промисловість. — 2010, № 9. — С. 52 – 54.
2. *Пирог Т.П.* Особенности синтеза экзополисахарида этаполана на смеси энергетически дефицитных ростовых субстратов / Т.П. Пирог, Н.В. Высятецкая, Ю.В. Корж // Микробиология. — 2007. — Т.76, № 1. — С. 32 – 38.
3. *Van Bogaert I.N.* Microbial production and application of sophorolipids / I.N. Van Bogaert, K. Saerens, C. de Muynck, D. Develter, W. Soetaert, E.J. Vandamme // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2007. — V. 76, № 1. — P. 23 – 34.
4. *Пирог Т.П.* Влияние fumarата и цитрата на образование поверхностно-активных веществ штаммом *Rhodococcus erythropolis* ЭК-1 / Т.П. Пирог, Д.А. Тарасенко // Биотехнология. — 2008, № 3. — С. 48 – 55.
5. *Пирог Т.П.* Вплив умов культивування мікроорганізмів-продуцентів екзополісахаридів на їхній синтез та фізико-хімічні властивості / Т.П. Пирог, Ю.В. Кузьмінська // Біополімери і клітина. — 2003. — Т. 19, № 5. — С. 393 – 413.
6. *Fialho A.M.* Occurrence, production, and applications of gellan: current state and perspectives / A.M. Fialho, L.M. Moreira, A.T. Granja, A.O. Popescu, K. Hoffmann, I. S6-Correia // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2008. — V. 79, № 6. — P. 889 – 900.

Нейтралізація культуральної жидкості органічними кислотами при культивуванні *Acinetobacter* sp. ИМВ В-7005 на суміші ацетата і меласи супроводжувалась підвищенням на 17 – 40 % показателів синтезу етаполана і в 7 – 9 раз в'язкості його розчинів в присутності К⁺ і системі Cu²⁺-гліцин по порівнянню з показателями процесу без регуляції рН. Етаполан з такими властивостями може використовуватись для інтенсифікації нафтодобуви.

Ключевые слова: екзополісахариди, інтенсифікація біосинтезу, органічні кислоти, регуляція рН, в'язкість

T. Pirog, S. Garbarchuk, O. Savchuk

The influence of the organic acids on synthesis of microbial polysaccharide ethapolan on the C₂ – C₆-substrates mixture

The Acinetobacter sp. IMV B-7005 cultivation conditions on mixture of acetate and molasses providing the maximal transformation of the substrate carbon in the microbial exopolysaccharide ethapolan were established.

The use of the soluble organic acids (acetic, citric, succinic, oxalic) for neutralization of cultural liquid under Acinetobacter sp. IMV B-7005 cultivation on mixture of acetate and molasses was accompanied by increasing (17 – 40 %) of ethapolan synthesis indices and enhancing (7 – 9 fold) the viscosity its solutions in the presence of 0,1 M K⁺ and Cu²⁺-glycine system as compared to process realization without pH regulation. Maximal of ethapolan synthesized quantity (12,4 – 12,9 g/l) were obtained when acetic acid was used for neutralization of Acinetobacter sp. IMV B-7005 cultural liquid. Ethapolan with improved rheological properties can be used for the oil recovery intensification.

Key words: exopolysaccharides, biosynthesis intensification, organic acids, regulation of pH, viscosity

Одержана редколегією 19.11.2010 р.

Т.П. ПИРОГ, д-р біол. наук,
Н.А. ГРИЦЕНКО, асп.,
О.О. БОРОВИК, магістрант,
А.Д. КОНОН, асп.

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНОСТІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA VACCINIИ* К-8

Встановлено здатність мікроорганізмів різних таксономічних груп асимілювати поверхнево-активні речовини (ПАР) *Nocardia vacciniИ* К-8 як єдине джерело вуглецю та енергії. Як біоцид запропоновано застосовувати формалін (0,5 %), що може бути використано на практиці для подовження терміну зберігання ПАР *N. vacciniИ* К-8 до 3 місяців.

Ключові слова: *Nocardia vacciniИ* К-8, поверхнево-активні речовини.

Серед продуктів мікробного синтезу, широко використовуваних у різних галузях промисловості і природоохоронних технологіях для очищення довкілля від ксенобіотиків, що особливо актуально на фоні сучасної екологічної кризи, є мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР).

Практичне значення мікробних ПАР зумовлене їх здатністю суттєво знижувати поверхневий і міжфазний натяг, а також емульгувальними властивостями. Разом з тим біологічна деструкція ПАР може бути суттєвою перешкодою для їх ефективного практичного використання.

У попередніх дослідженнях із забруднених нафтою зразків ґрунту ізольовано штам бактерій, ідентифікований як *Nocardia vacciniИ* К-8 і встановлено можливість синтезу метаболітів з поверхнево-активними та емульгувальними властивостями за умов росту цього штаму на гідрофільних (глюкоза, етанол, гліцерин) і гідрофобних (гексадекан, рідкі парафіни) субстратах [1]. Основні дослідження були спрямовані на пошук шляхів інтенсифікації синтезу ПАР під час культивування *N. vacciniИ* К-8 на гліцерині [2]. Це зумовлене тим, що на теперішній час у світі досить гостро стоїть проблема утилізації гліцерину — побічного продукту, утворюваного у величезних кількостях під час виробництва біодизелю з рослинної і тваринної сировини [3]. Найперспективнішим шляхом вирішення цієї проблеми вважається використання гліцерину як ростового субстрату у біотехнологічних виробництвах практично цінних продуктів.

Мета даної роботи — дослідити біодеградабельність ПАР, синтезованих за умов росту *N. vacciniИ* К-8 на гліцерині, та підібрати біоциди для попередження цього процесу.

Як основний об'єкт досліджень використовували штам *Nocardia vacciniИ* К-8, а також штами *Bacillus subtilis* БТ-2, *Eshcherichia coli* ІЕМ-1, *Candida scottii* М-8, *Pichia fabiani* ПБТ-5, *Saccharomyces cerevisiae* ОБ-3, *Aspergillus niger* Р-3, *Penicillium chrysogenum* Ф-7. Чисті культури бактерій, грибів та дріжджів зберігаються в музеї живих культур кафедри біотехнології мікробного синтезу Національного університету харчових технологій.

Як препарати ПАР використовували постферментаційну культуральну рідину, одержану після культивування *N. vacciniИ* К-8 на гліцерині, а також супернатант культуральної рідини.

Культивування *N. vacciniИ* К-8 проводили на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): NaNO_3 — 0,5; KH_2PO_4 — 0,1; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — 0,1; рН 6,8 — 7,0. Як джерело вуглецю та енергії використовували гліцерин — 1,5 % (об'ємна частка). У середовище вносили також дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка).

Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту (60 год культивування), вирощену на середовищі з 0,5 % гліцерину (об'ємна частка), в яке додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка) і $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,001 г/л. Кількість посівного матеріалу становила 10 % від об'єму середовища.

Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об/хв) при 30 °С упродовж 168 год.

Для одержання супернатанту культуральну рідину центрифугували упродовж 30 хв (5000 g), надосадову рідину зливали і витримували на киплячій водяній бані 30 хв. Таку термообробку здійснювали для знищення клітин продуцента.

Здатність до синтезу ПАР оцінювали за такими показниками:

1) поверхневий натяг (σ_s) вільної від клітин культуральної рідини, який вимірювали за допомогою напівавтоматичного тензіометра «Lauda TD 1C» (Німеччина) з платиновою пластинкою;

2) для експрес-оцінки кількісного вмісту ПАР у культуральній рідині використовували показник умовної концентрації ПАР (ПАР*), який визначали як ступінь розбавлення вільної від клітин культуральної рідини у точці підвищення поверхневого натягу на графіку залежності σ_s від значення розведення. Абсциса точки перетину кривої відповідає значенню ПАР*. Умовна концентрація ПАР виражається в умовних одиницях;

Для дослідження здатності *N. vaccini* К-8 використовувати власні ПАР як джерело вуглецевого живлення культуральну рідину, одержану після культивування штаму в описаних вище умовах, розділили на дві частини. Першу частину культуральної рідини повернули на качалку для подальшого вирощування упродовж ще 7 діб (загальна тривалість культивування штаму К-8 у цьому разі становила 14 діб). Другу частину культуральної рідини використовували для одержання супернатанту (див. вище). У супернатант вносили добову культуру *N. vaccini* К-8, вирощену на МПА, після чого здійснювали культивування на качалці упродовж 7 діб. У процесі вирощування штаму К-8 кожні 2 — 4 доби відбирали проби культуральної рідини, в яких визначали загальну кількість живих клітин (за методом Коха на м'ясо-пептонному агарі — МПА).

Для проведення досліджень здатності мікроорганізмів різних таксономічних груп асимілювати ПАР *N. vaccini* К-8 як єдине джерело вуглецю та енергії використовували штами бактерій (*B. subtilis* БТ-2, *E. coli* ІЕМ-1), дріжджів (*C. scottii* М-8, *P. fabiani* ПБТ-5, *S. cerevisiae* ОБ-3), мікроміцетів (*A. niger* Р-3, *P. chrysogenum* Ф-7). Мікроорганізми вирощували на супернатанті культуральної рідини *N. vaccini* К-8. Як посівний матеріал використовували культури вказаних мікроорганізмів, вирощених на агаризованих середовищах (дріжджі, мікро-міцети на глюкозо-картопляному агарі — ГКА, бактерії на МПА). Здатність бактерій, грибів та дріжджів асимілювати ПАР *N. vaccini* К-8 як єдине джерело вуглецю та енергії оцінювали за кількістю живих клітин упродовж культивування.

Для проведення досліджень біодеструкції ПАР *N. vaccini* К-8 мікрофлорою повітря використовували супернатант культуральної рідини, що зберігався за різних умов: при додаванні біоциду формаліну (0,1; 0,3 і 0,5 %, об'ємна частка); без біоциду при різних температурних режимах (5 і 25 °С). Як контроль використовували стерильний супернатант, що зберігався в асептичних умовах. Ступінь біодеструкції оцінювали за зміною показника ПАР у процесі зберігання зразків упродовж 30 діб.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за Лакінім [4]. Достовірність результатів досліджень оцінювали згідно з *t*-критерієм Стьюдента при 5 %-му рівні значимості.

Відомо, що синтезовані деякими видами мікроорганізмів метаболіти можуть асимілюватися самими продуцентами як джерело вуглецевого живлення [5]. Наші експерименти показали, що *N. vaccini* К-8 не використовує власні ПАР як єдине джерело вуглецю і енергії (табл. 1). Так, у процесі культивування *N. vaccini* К-8 упродовж 14 діб, а також під час вирощування штаму К-8 на супернатанті культуральної рідини не спостерігали зниження показника ПАР*, який залишався на рівні 2,8. У той же час фіксували зниження на 1 — 2 порядки кількості живих клітин *N. vaccini* вже на четверту добу культивування (табл. 1), що може свідчити про перебування штаму К-8 в умовах голодування. Наші попередні дослідження показали, що інші продуценти ПАР (*Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 і *Acinetobacter calcoaceticus* К-4) також не асимілюють власні поверхнево-

ТЕХНОЛОГІЯ

активні речовини як джерело вуглецевого живлення [6]. Стійкість досліджуваних поверхнево-активних речовин за присутності клітин продуцента є важливою умовою і вагомою перевагою для подальшого практичного використання препаратів ПАР у вигляді постферментаційної культуральної рідини, наприклад, для очищення довілля від нафтових забруднень.

Подальші дослідження показали, що мікроорганізмам різних таксономічних груп притаманна здатність асимілювати ПАР *N. vacciniі* К-8 як єдине джерело вуглецю і енергії, що підтверджується активним ростом культур на цьому субстраті (табл. 1). Зважаючи на те, що залишкового гліцерину у постферментаційній культуральній рідині *N. vacciniі* К-8 не було виявлено, а клітини продуцента (які могли б містити потенційні джерела вуглецевого живлення для росту тест-культур) відділили у процесі центрифугування, можна зробити висновок, що тест-культури використовували ПАР *N. vacciniі* К-8 як єдине джерело вуглецю та енергії.

У зв'язку з встановленим фактом біодеградації ПАР *N. vacciniі* К-8 перед нами постала задача підбору біоцидів для їх захисту від руйнування сторонніми мікроорганізмами.

Таблиця 1. Здатність мікроорганізмів різних таксономічних груп асимілювати поверхнево-активні речовини *N. vacciniі* К-8

Досліджені мікроорганізми	Ріст мікроорганізмів (КУО/мл) при культивуванні упродовж (дів)		
	0	4	7
Мікроміцети			
<i>Aspergillus niger</i> Р-3	$(5,93 \pm 0,29) \cdot 10^6$	$(6,63 \pm 0,33) \cdot 10^9$	$(6,60 \pm 0,33) \cdot 10^6$
<i>Penicillium chrysogenum</i> Ф-7	$(2,20 \pm 0,11) \cdot 10^6$	$(3,45 \pm 0,17) \cdot 10^9$	$(8,85 \pm 0,44) \cdot 10^6$
Дріжджі			
<i>Pichia fabiani</i> ПБТ-5	$(1,41 \pm 0,07) \cdot 10^6$	$(7,08 \pm 0,35) \cdot 10^9$	$(3,85 \pm 0,19) \cdot 10^7$
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ОБ-3	$(1,04 \pm 0,05) \cdot 10^6$	$(7,65 \pm 0,38) \cdot 10^9$	$(2,50 \pm 0,12) \cdot 10^6$
<i>Candida scottii</i> М-8	$(6,90 \pm 0,34) \cdot 10^6$	$(1,93 \pm 0,09) \cdot 10^9$	$(5,15 \pm 0,25) \cdot 10^6$
Бактерії			
<i>Bacillus subtilis</i> БТ-2	$(1,28 \pm 0,06) \cdot 10^6$	$(5,75 \pm 0,28) \cdot 10^8$	$(1,78 \pm 0,8) \cdot 10^6$
<i>Escherichia coli</i> ІЕМ-1	$(5,50 \pm 0,27) \cdot 10^4$	$(2,50 \pm 0,12) \cdot 10^7$	$(5,00 \pm 0,02) \cdot 10^4$
Продуцент			
<i>N. vacciniі</i> К-8	$(7,28 \pm 0,36) \cdot 10^5$	$(4,67 \pm 0,23) \cdot 10^4$	$(9,50 \pm 0,47) \cdot 10^3$

Примітка. У табл. 1 і табл. 2 умовна концентрація поверхнево-активних речовин у препаратах ПАР *N. vacciniі* К-8 (супернатант культуральної рідини) становила 2,8.

З літератури і власних попередніх експериментальних досліджень відомо, що одним з найбільш ефективних біоцидів, які попереджають біодеструкцію речовин мікробного походження, у тому числі й поверхнево-активних речовин є формальдегід [5, 6].

У подальших експериментах досліджували здатність до біодеструкції ПАР *N. vacciniі* К-8 мікрофлорою повітря та можливість використання формаліну для пригнічення розвитку сторонньої мікрофлори. Встановлено, що при зберіганні стерильного супернатанту культуральної рідини в асептичних умовах упродовж 30 дів показник умовної концентрації ПАР зразків не змінювався (табл. 2) і становив 2,8.

Таблиця 2. Вплив формаліну на біологічну деструкцію ПАР *N. vacciniі* К-8 мікрофлорою повітря

Біоцид	Концентрація, %	ПАР*		
		Тривалість зберігання, дів		
		7	14	30
Формалін	0,1	$2,6 \pm 0,13$	$2,2 \pm 0,05$	$2,0 \pm 0,01$
	0,3	$2,7 \pm 0,11$	$2,4 \pm 0,02$	$2,3 \pm 0,04$
	0,5	$2,7 \pm 0,11$	$2,6 \pm 0,01$	$2,5 \pm 0,05$
Без формаліну в умовах: асептичних нестерильних нестерильних, при зниженій температурі	0	$2,8 \pm 0,14$	$2,8 \pm 0,14$	$2,8 \pm 0,14$
	0	$2,1 \pm 0,10$	$1,6 \pm 0,08$	$1,25 \pm 0,06$
	0	$2,4 \pm 0,02$	$1,8 \pm 0,09$	$1,4 \pm 0,07$

Внесення формаліну у концентрації 0,5 % (об'ємна частка) дало змогу мінімізувати ступінь деструкції ПАР у супернатанті під час зберігання. Не оброблені біоцидами зразки культуральної рідини, що зберігалися у неасептичних умовах приблизно на 15 добу інфікувалися мікробіотами та бактеріями. При цьому на 20 добу спостерігалася зміна забарвлення культуральної рідини (з прозорого з жовтим відтінком до насичено-жовтого або темно-жовтого з помітним помутнінням).

У наших попередніх дослідженнях [6] було показано, що попередження біодеструкції поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* і *A. calcoaceticus* K-4 забезпечується у разі використання формаліну у концентрації 0,1 – 0,3 %. Як свідчать результати даної роботи, продовжити термін зберігання препаратів ПАР *N. vaccinii* K-8 можна за присутності вищих (0,5 %) концентрацій формаліну.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено можливість біодеструкції поверхнево-активних речовин *N. vaccinii* K-8 чистими культурами мікроорганізмів (бактерій, грибів і дріжджів), а також мікрофлорою повітря. Обробка препаратів ПАР формаліном у концентрації 0,5 % дає змогу продовжити термін їх зберігання. *N. vaccinii* K-8 не здатний асимілювати власні ПАР як єдине джерело вуглецю і енергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пирог Т.П. Штам бактерій *Nocardia vaccinii* K-8 як потенційний продуцент поверхнево-активних речовин / Т.П. Пирог, Н.А. Манжула // Харчова промисловість. — 2008, № 7. — С. 29 – 32.
2. Пирог Т.П. Синтез поверхнево-активних речовин у процесі культивування *Nocardia vaccinii* K-8 на гліцерині / Т.П. Пирог, Н.А. Манжула // Наукові праці НУХТ. — 2008, № 25, Ч. I. — С. 107 – 109.
3. Paulo G. Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology / G. Paulo, M. Mack, J. Contiero // Biotechnol. Advanc. — 2009. — V. 27. — P. 30 – 39.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.
5. Микробный синтез экзополисахаридов на C₁-C₂-соединениях / Т.А. Гринберг, Т.П. Пирог, Ю.Р. Малашенко, Г.Э. Пинчук. — К.: Наук. думка, 1992. — 212 с.
6. Пирог Т.П. Дослідження біодеградабельності поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 / Т.П. Пирог, С.І. Антонюк, А.І. Сорокіна, О. Щербина // Наукові праці НУХТ. — 2009. — № 28. — С. 16 – 18.

Установлена способность микроорганизмов различных таксономических групп ассимилировать поверхностно-активные вещества (ПАВ) *Nocardia vaccinii* K-8 в качестве единственного источника углерода и энергии. Как биоцид предложено применять формалин (0,5 %), что может быть использовано на практике для увеличения срока хранения ПАВ *N. vaccinii* K-8 до 3 месяцев.

Ключевые слова: *Nocardia vaccinii* K-8, поверхностно-активные вещества, биодеградабельность, формалин, срок хранения

T. Pirog, S. Garbarchuk, O. Savchuk

Research of surface-active substances biodegradability of nocardia vaccinii k-8

It was established the ability of pure cultures of bacteria (*Bacillus subtilis* BT-2, *Escherichia coli* IEM-1), fungi (*Aspergillus niger* R-3, *Penicillium chrysogenum* F-7) and yeasts (*Candida scottii* M-8, *Pichia fabiani* PBT-5, *Saccharomyces cerevisiae* BA-3) and air microorganisms to assimilate surface-active substances (SAS) of *Nocardia vaccinii* K-8 as the sole source of carbon and energy. It is shown that *N. vaccinii* K-8 is not able to use its own SAS as a source of carbon, that is a significant advantage for future practical use of drugs of SAS as postfermentation culture broth in nature-conservative technologies.

Using formalin as biocide in concentration 0,5 % allows to extend the shelf life of SAS of *N. vaccinii* K-8 for 3 months without significant loss of surface-active properties.

Key words: *Nocardia vaccinii* K-8, surface active substances, biodestruction, formalin, shelf life

Одержана редколлегією 13.12.2010 р.

Ю.П. ЗВЯГІНЦЕВА, магістрант,
Ю.В. КАМБУЛОВА, канд. техн. наук,
Н.О. ЄМЕЛЬЯНОВА, д-р техн. наук,
М.А. ПЕРЕГУДА, канд. техн. наук,
В.М. КОВБАСА, д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій

ВПЛИВ ПЕКТИНІВ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З СОЛОДОМ

Вивчено можливість використання борошна солоду кукурудзи (БСК) в технології бісквітних напівфабрикатів. Встановлено вплив низькоетерифікованих пектинів на формування якості бісквітних напівфабрикатів з солодом.

Ключові слова: борошно солоду кукурудзи, технологія бісквітних напівфабрикатів, пектин низькоетерифікований.

Практично кожного дня засоби масової інформації, фахівці харчової промисловості, медики піднімають питання якості та енергетичної цінності харчування українців. Дисбаланс щоденного раціону є наслідком невідповідності між вживаною їжею і сучасними фізіологічними потребами організму в основних нутрієнтах та енергії.

Борошняні кондитерські вироби відносяться до висококалорійних продуктів, які мають низьку харчову цінність завдяки високому вмісту жирів, вуглеводів (особливо легкозасвоюваних), обмеженій кількості біологічно-активних речовин.

Питання вивчення якісних показників борошняних кондитерських виробів стає все актуальнішим і науковці пропонують збагачення їх хімічного складу введенням нетрадиційних видів сировини: ягідних, фруктових і овочевих порошоків і пюре, продуктів переробки зернових, рослинних жирів з цінним складом есенціальних жирних кислот тощо.

Серед компонентів, здатних суттєво покращити хімічний склад продуктів, можна виділити солод різних зернових культур. У кондитерській промисловості при виробництві борошняних виробів здебільшого рекомендують використовувати житній, пшеничний, вівсяний солоди. Солод сприяє покращенню еластичності та м'якості тіста за рахунок вмісту водорозчинних цукрів, забезпечує подовження терміну придатності кондитерських виробів, а також поліпшує смакову гаму випеченої продукції.

Заслуговує на увагу борошно солоду кукурудзи (БСК), оскільки має багатий вітамінний склад (вітаміни групи В, токоферол, біотин), мікроелементи (сірку, кремній, кальцій, фосфор), більшу частку крохмалю, порівняно з іншими видами солодів [1].

Проте, через достатньо великий вміст жиру і нерозчинних вуглеводів, передбачено, що солод суттєво вплине на структурно-механічні властивості як тіста, так і готової продукції. Тому предметом досліджень стала технологія бісквітного напівфабрикату, структура якого, насамперед, пов'язана з механічною денатурацією яєчного білка, а вплив борошняної сировини суттєво відобразиться на етапі випікання і на якості готової продукції. Поряд з цим, для стабілізації системи бісквітного тіста запропоновано ввести до рецептури бісквітного напівфабрикату низькоетерифікований яблучний пектин, який широко використовується для стабілізації пінних систем в молочній промисловості [2].

Вибір пектинів пов'язаний також із їх здатністю до комплексоутворення. Полімерний ланцюг полігалактуронової кислоти пектину, наявність хімічно-активних вільних карбоксильних груп і спиртових гідроксилів сприяють утворенню міцних нерозчинних комплексів з полівалентними металами і виведенню останніх із організму людини.

Пектини також утворюють комплекси з токсинами органічного походження, оскільки містять у своїй структурі аміногрупу, спиртовий або фенольний гідроксид і т.п. Зокрема, пектини здатні зв'язувати продуценти жовчних кислот у кишечнику і цим перешкоджати накопиченню холестерину в організмі, перш за все в кровеносних судинах [3].

Оскільки оздоровча дія пектинів на організм людини підвищується із зниженням ступеню етерифікації, запропоновано дослідити можливість застосування пектинів низькоетерифікованих і установити ступінь їхнього впливу залежно від ступеню етерифікації.

Пробні лабораторні випікання показали зменшення такого технологічного показника, як упікання (рис. 1, 2), що характеризує, в основному, втрати води і незначних кількостей летких речовин під дією високої температури.

Зневодненню піддається, більшою мірою, поверхневий шар тіста; при цьому частина вологи, що випаровується, переходить у газове середовище пекарної камери, а частина внаслідок термовологопровідності переміщується у м'якуш напівфабрикату [4].

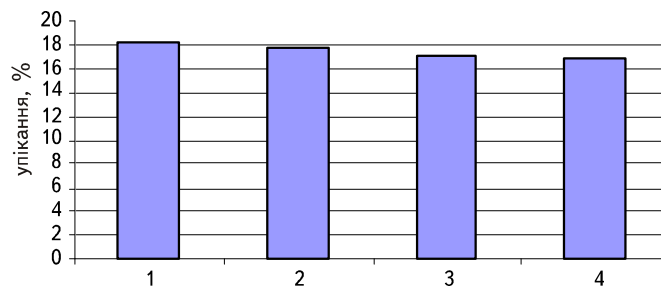


Рис. 2. Упікання бісквітних напівфабрикатів з додаванням борошна солоду кукурудзи в кількості 7 % і пектинів:
ряд 1 — контроль; ряд 2 — П_26; ряд 3 — П_32;
ряд 4 — П_36; ряд 5 — П_38

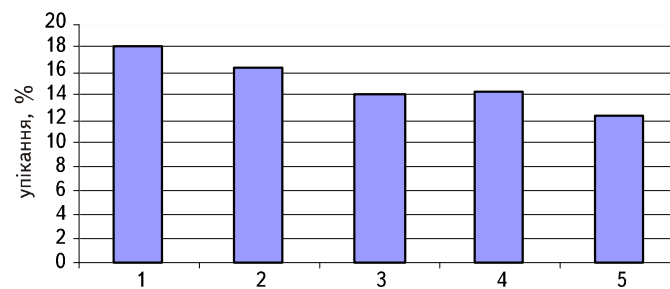


Рис. 1. Упікання бісквітних напівфабрикатів з додаванням борошна солоду кукурудзи:
ряд 1 — контроль; ряд 2 — БСК 3 %; ряд 3 — БСК 5 %;
ряд 4 — БСК 7 %

Діаграми свідчать, що під впливом борошна солоду кукурудзи ступінь упікання зменшується з 18,2 % (у традиційного напівфабрикату) до 16,6 % (у зразка з борошном солоду кукурудзи 7 %). Подальше збільшення частки борошна солоду кукурудзи не рекомендовано, оскільки суттєво погіршується структура виробів. Введення пектину здатно покращити структуру бісквітних напівфабрикатів, — при введенні його у зразок з борошном солоду кукурудзи 7 % покращується консистенція, об'єм, і, також, незалежно від ступеню

ТЕХНОЛОГІЯ

етерифікації, зменшується показник упікання. Але прослідковується закономірність, — чим більша ступінь етерифікації, тим нижче упікання.

Важливим параметром на етапі випікання і фізичною характеристикою якості випечених напівфабрикатів є пористість виробів, що значною мірою зумовлює консистенцію готової продукції і смакові відчуття споживача.

Показник загальної пористості розглядали як кількісну характеристику пишності виробів, оскільки збільшення цього показника свідчить про те, що зростає об'єм виробів. Експериментальні дані представлено на рис. 3.

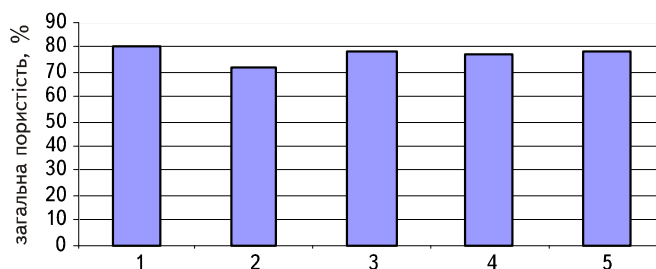


Рис. 3. Загальна пористість бісквітних напівфабрикатів з додаванням борошна солоду кукурудзи в кількості 7 % і пектинів: ряд 1 — контроль, ряд 2 — П_38, ряд 3 — П_36, ряд 4 — П_32, ряд 5 — П_26

З рисунку видно, що використання борошна солоду кукурудзи та пектину наближає загальну пористість дослідних напівфабрикатів — 71,96...78,2 % до контрольного зразка (80,6 %).

Для пояснення закономірностей, що проявили об'єкти досліджень, необхідно розглянути їх вплив на складові борошна, як основного рецептурного компонента. Змінення, що відбуваються в бісквітному напівфабрикаті під їх впливом, тісно пов'язані із зміненнями у стані білково-протеїназного, вуглеводно-амілазного комплексів і стану води в борошняній сировинні.

У зв'язку з цим, на першому етапі досліджень вважали за необхідне вивчити змінення показників якості клейковини борошна пшеничного під впливом борошна солоду кукурудзи і пектину (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив борошна солоду кукурудзи і пектину на показники якості клейковини борошна пшеничного

№ з/п	Борошняна суміш	Вміст сирової клейковини, %	Показники якості клейковини		
			розтяжність см	еластичність од. ІДК	гідратаційна здатність, %
1.	Борошно пшеничне в/с	29,2	8,5	80,9	166
2.	Борошно пшеничне в/с, БСК— 3 %	28,5	9,0	72,4	152
3.	Борошно пшеничне в/с, БСК— 5 %	27,8	10,0	70,7	145
4.	Борошно пшеничне в/с, БСК— 7 %	26,2	10,0	71,0	150
5.	Борошно пшеничне в/с, БСК— 7 % і пектин 1 %		клейковина не відмилась		

Аналіз табличних даних свідчить про наступне. Внесення борошна солоду кукурудзи в кількості від 3 до 7 % до борошна пшеничного вищого сорту зменшує кількість відмитої сирової клейковини. При цьому погіршуються показники її якості. Так, збільшується розтяжність і, відповідно, зменшується еластичність, гідратаційна здатність і пружність.

При додаванні пектину до борошняної суміші в кількості 1 — 2 % під час лабораторних випробувань клейковина не відмивалась.

Можливо, введення пектину запобігає утворенню клейковинного каркасу. Оскільки пектин має більшу молекулярну масу, більшу кількість гідратаційних зв'язків, у водному середовищі

процес його гідратації відбувається значно швидше, ніж у білків клейковини, і вільної води, необхідної для утворення клейковинної сітки — не залишається.

Важливу роль у забезпеченні якості й структури харчових продуктів відіграють полісахариди борошна. Основним полісахаридом борошна є крохмаль, який складається на 15 — 30 % з амілози і на 70 — 85 % з амілопектину.

Для визначення впливу борошна солоду кукурудзи і пектину хід процесу клейстеризації борошняної сировини провели амілографічні дослідження, результати яких представлено в таблиці 2.

Таблиця 2. Показники процесу клейстеризації борошняної суміші

Склад борошняної суміші	Температура клейстеризації, °С	Максимальна в'язкість, од. ам.
80 % БП: 20 % крохмаль	52,0	330
77 % БП: 20 % крохмаль: 3 % БСК	47,5	275
75 % БП: 20 % крохмаль: 5 % БСК	44,5	175
73 % БП: 20 % крохмаль: 7 % БСК	43,0	165
73 % БП: 20 % крохмаль: 7 % БСК: 1,5 % П_26	41,5	230
73 % БП: 20 % крохмаль: 7 % БСК: 1,5 % П_32	44,0	130
73 % БП: 20 % крохмаль: 7 % БСК: 1,5 % П_36	40,0	95
73 % БП: 20 % крохмаль: 7 % БСК: 1,5 % П_38	41,0	95

Дані таблиці підтверджують, що вид і концентрації добавки визначає температуру клейстеризації і максимальну в'язкість клейстеру. Так, найвища температура клейстеризації — 52,0 °С — і найвища максимальна в'язкість — 330 од. ам. спостерігається у контрольного зразка на основі пшеничного борошна і крохмалю. При додаванні в суміш борошна солоду кукурудзи досліджувані показники поступово зменшуються — прямо-пропорційно вмісту добавки.

Пектини також, зменшують максимальну в'язкість і температуру клейстеризації. Наприклад, у пектинів П_36 і П_38: температура клейстеризації — 40 і 41 °С, відповідно, максимальна в'язкість найменша — для обох зразків — 95 од. ам. На нашу думку, зниження максимальної в'язкості клейстеру і температури клейстеризації, може бути пов'язано з наступним. Процес клейстеризації притаманний виключно для крохмалю і наявність супутніх речовин (борошна солоду кукурудзи і пектину), зменшує його частку у суміші і, відповідно, знижує максимальну в'язкість і температуру клейстеризації. Пектини свої властивості, як загусника, не проявляються, оскільки на відміну від крохмалю, здатні збільшувати в'язкість системи, навпаки, — при зниженні температури.

Поряд з цим, слід звернути увагу, що різна ступінь етерифікації пектинів здатна також суттєво впливати на в'язкість системи. Чим вища кількість метаксильованих груп в пектинах, тим нижчі показники клейстеризації.

Структура тіста визначається кількісним і якісним складом основних полімерних сполук (крохмалю, білків, клітковини), наявністю низькомолекулярних гідро- і олеофільних сполук. Полімери борошняної сировини і вода утворюють основу колоїдної структури тіста, яку доповнюють і пластифікують низькомолекулярні сполуки (цукри, амінокислоти, жири).

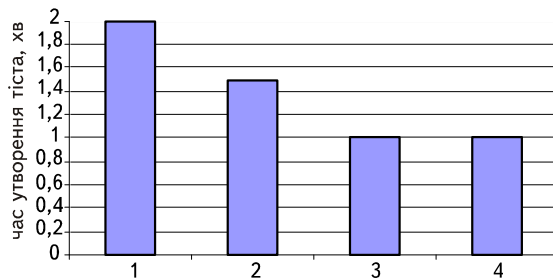


Рис. 4. Вплив концентрації борошна солоду кукурудзи на час утворення тіста:

ряд 1 — 80 % БП : 20 % крохмаль; ряд 2 — 77 % БП:20 % крохмаль:3 % БСК; ряд 3 — 75 % БП:20 % крохмаль:5 % БСК; ряд 4 — 73 % БП:20 % крохмаль: 7 % БСК

ТЕХНОЛОГІЯ

Структурно-механічні властивості тіста оцінювали по фаринограмам Бробендера за наступними показниками : час утворення тіста, еластичність і розрідження (рис. 4, 5).

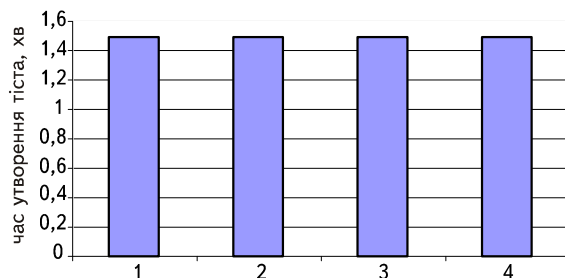


Рис. 5. Вплив пектину на час утворення тіста із борошняної суміші 73 % БП: 20 % крохмаль: 7 % БСК: ряд 1 — 1,5 % П_26; ряд 2 — 1,5 % П_32; ряд 3 — 1,5 % П_36; ряд 4 — 1,5 % П_38

Встановлено, що додавання борошна солоду кукурудзи зменшує час утворення тіста. Це пояснюється зменшенням кількості клейковини в суміші, і, відповідно, зменшенням її гідратаційної здатності. Ці дані корелюють із дослідженнями стану клейковинного комплексу сумішей. Час утворення тіста із борошняної суміші з вмістом борошна солоду кукурудзи 7 %, під впливом пектинів також зменшується приблизно на 0,5 хвилин, але збільшується порівняно із зразками, в які входить борошно солоду кукурудзи. Це підтверджує висновки, щодо великої кількості гідрофільних зв'язків у складі пектинової молекули, які здатні конкурувати із білками клейковини, щодо приєднання води і формування структури тіста. Наші припущення підтверджуються даними аналізу водопоглинальної здатності борошняних сумішей і її змінами під впливом добавок, таблиця 3.

Таблиця 3. Показники структурно-механічних властивостей тіста

Концентрація добавки	Водопоглинальна здатність, %	Час утворення тіста, хвил.	Розрідження тіста, од. пр.
80 % БП : 20 % крохмаль	58,4 – 57,1	2,0	95
77 % БП : 20 % крохмаль: 3 % БСК	54,6 – 52,0	1,5	150
75 % БП: 20 % крохмаль: 5 % БСК	54,2 – 50,5	1,0	150
73 % БП : 20 % крохмаль: 7 % БСК	54,8 – 51,8	1,0	140
73 % БП: 20 % крохмаль:7 % БСК: 1,5 % П_26	71,0 – 67,8	1,5	230
73 % БП: 20 % крохмаль: 7 % БСК: 1,5 % П_32	68,0 – 64,3	1,5	225
73 % БП: 20 % крохмаль:7 % БСК: 1,5 % П_36	67,6 – 64,1	1,5	210
73 % БП: 20 % крохмаль:7 % БСК: 1,5 % П_38	66,0 – 63,2	1,5	175

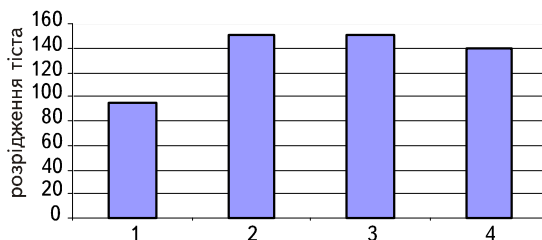


Рис. 6. Вплив концентрації борошна солоду кукурудзи на розрідження тіста: ряд 1 — 80 % БП: 20 % крохмаль; ряд 2 — 77 % БП:20 % крохмаль:3 % БС; ряд 3 — 75 % БП:20 % крохмаль:5 % БС; ряд 4 — 73 % БП:20 % крохмаль:7 % БС

Водопоглинальна здатність порівняно з контрольним зразком зменшується під впливом борошна солоду кукурудзи і суттєво збільшується із введенням пектинів.

Структура тіста також зазнає суттєвих змінень, а саме під впливом пектину збільшується розрідження, рис. 6 і 7.

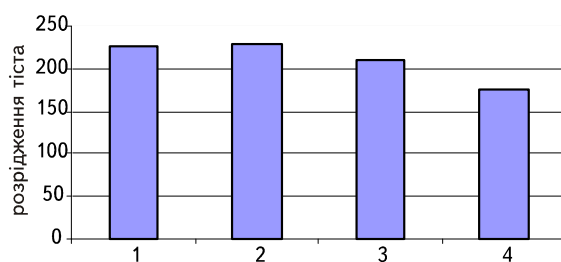


Рис. 7. Вплив концентрації пектинів на розрідження тіста із борошняної суміші 73 % : 20 % крохмаль: 7 % БС: ряд 1 — 1,5 % П_26; ряд 2 — 1,5 % П_32; ряд 3 — 1,5 % П_36; ряд 4 — 1,5 % П_38

Це може свідчити про поступовий перехід пружньо-еластичної структури тіста борошняної суміші в пластично-в'язку.

Ступінь penetрації пектинів, як і в попередніх дослідженнях, відіграє значну роль. Чим менше груп $-OH$ пектинової молекули заміщені метаксильною групою $-CH_3$, тим більше реакційно здатних молекул залишається в ланцюгу. Наприклад, водопоглинальна здатність зменшується в лінійці пектинів П_26 → П_32 → П_36 → П_38, відповідним чином, зменшується час утворення тіста і збільшується розрідження.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють прогнозувати покращення таких технологічних показників, як стійкість бісквітного тіста, що відіграє велику роль під час замішування і початку випікання; зменшення упікання та, відповідно, підвищення виходу бісквітних напівфабрикатів збільшення строків їх зберігання під впливом борошна солоду кукурудзи і пектину. Поряд з цим, розрахунок харчової цінності підтверджує збільшення кількості біологічно-активних речовин в бісквітному напівфабрикаті, вітамінів, мінеральних речовин; присутність пектину надає оздоровчого характеру виробам з точки функціональної дії на організм людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мальцев М.П. Технология солода / Мальцев М.П. — М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1980. — 523с.
2. Донченко Л.В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л.В. Донченко, Г.Г. Фирсов. — М.: Дели принт, 2007. — 276с.
3. Пектин. Производство и применение / Н.С.Карпович, П.В. Донченко, В.В. Нелина / Под ред Карповича Н.С. — К.: Урожай, 1989. — 88с.
4. Технология кондитерських изделий. Учебник / Г.А. Маршалкин, И.С. Лурье и др. — М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1978г. — 438с.

Изучена возможность использования муки солода кукурузы (МСК) в технологии бисквитных полуфабрикатов. Установлено влияние низкоэтерифицированных пектинов на формирование качества бисквитных полуфабрикатов с солодом.

Ключевые слова: мука солода кукурузы, технология бисквитных полуфабрикатов, пектин низкоэтерифицированный.

ТЕХНОЛОГІЯ

T. Pirog, N. Gritsenko, O. Borovyk, A. Konon
***Influence of pectins on forming of quality of biscuitine ready-to-cook
foods with malt***

The conducted researches allow to forecast the improvement of such technological indexes, as firmness of biscuitine dough which plays a large role during a premix and beginning of baking; diminishing of sending away and, accordingly, increase of output of biscuitine ready-to-cook foods of increase of terms of their storage is under act of flour of malt of corn and pectin. Next to it, the calculation of food value is confirmed by the increase of amount bioactive matters in a biscuitine intermediate product, vitamins, mineral matters; the presence of pectin gives health character wares from the point of the functional operating on the organism of man.

Key words: flour of malt of corn, technology of biscuitine ready-to-cook foods, pectin of niz'koeterifikovaniy.

Одержана редколегією 10.02.2012 р.

УДК 759.873.088.5:661.185

А.Б. СКОЧКО, магістрант,
А.Д. КОНОН, асп.,
Т.П. ПИРОГ, д-р біол. наук
Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИАДГЕЗИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВО- АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241

Препарати поверхнево-активних речовин (ПАР) *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 (0,28 мг/мл) зменшували кількість прикріплених клітин *Bacillus subtilis* БТ-2 різного фізіологічного стану на кафелі на 38,7 – 45,8 % і лінолеумі на 79,1 – 85,8 %, *Escherichia coli* IEM-1 — на сталі, пластику і кафелі на 41, 15 і 14 % відповідно. Такі препарати можуть бути використані як антиадгезивні компоненти дезінфікуючих засобів.

Ключові слова: *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, поверхнево-активні речовини, антиадгезивна дія.

З літературних джерел відомо, що бактерії здатні адгезуватися на поверхні різних матеріалів і формувати біоплівку, небезпека утворення якої полягає у тому, що прикріплені мікробні клітини набувають резистентності до антимікробних препаратів [3, 4]. Одним із способів очищення та дезінфекції поверхонь є використання поверхнево-активних речовин (ПАР) мікробного походження як антиадгезивних агентів, здатних запобігати формуванню біоплівок або стимулювати руйнування уже наявної структури [3, 4]. Так, встановлено здатність сурфактину знижувати рівень прикріплених клітин деяких патогенних мікроорганізмів, які можуть спричиняти харчові отруєння. Після обробки сурфактином нержавіючої сталі та полімерних матеріалів, використовуваних у харчовій промисловості, штами *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* та *Enterobacter sakazakii* значно гірше адгезуватися на ці матеріали [3].

Оскільки взаємодія бактерій із твердими поверхнями залежить від гідрофільності (гідрофобності) клітини і матеріалу за правилом «подібне розчиняється у подібному», механізм антиадгезивної дії ПАР мікробного походження полягає у модифікації поверхні матеріалу і зміни її гідрофільності (гідрофобності), внаслідок чого мікроорганізми втрачають здатність адгезуватися на такій поверхні [3].

Зниження рівня адгезії та зменшення клітин у популяції біоплівки може бути використане для дезінфекції обладнання харчової промисловості, а також у клінічній практиці для усунення бактеріальної колонізації поверхонь медичних приладів.

Мета даної роботи — дослідження антиадгезивних властивостей препаратів ПАР *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241.

Основним об'єктом дослідження був штам *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, виділений із забруднених нафтою зразків ґрунту та депонований в Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології та вірусології за номером IMB B-7241; а також штами *Escherichia coli* IEM-1 і *Bacillus subtilis* БТ-2. Чисті культури бактерій зберігаються у музеї живих культур мікроорганізмів кафедри біотехнології мікробного синтезу Національного університету харчових технологій.

© А.Б. Скочко, А.Д. Конон, Т.П. Пирог, 2012

ТЕХНОЛОГІЯ

Культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 здійснювали на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ — 0,35, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1, NaCl — 1,0, Na_2HPO_4 — 0,6, KH_2PO_4 — 0,14, рН 6,8 — 7,0. Як джерело вуглецю використовували етанол у концентрації 2 % (об'ємна частка). У середовище додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка) і розчин мікроелементів — 0,1 % (об'ємна частка). Посівним матеріалом слугувала культура *A. calcoaceticus* IMB B-7241 з кінця експоненційної фази росту (48 год), вирощена на середовищі наведеного вище складу. Для отримання посівного матеріалу використовувалися добові культури *A. calcoaceticus* IMB B-7241, вирощені на м'ясо-пептонному агарі при температурі 30 °С. Посівний матеріал вносили у концентрації 10 % від загального об'єму. Культивування проводили на качалках (320 об/хв, $t = 30$ °С) впродовж 120 год.

Як препарати поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 використовували стерильний супернатант культуральної рідини. Для одержання супернатанту постферментаційну культуральну рідину центрифугували упродовж 15 хв (5000 g) для осадження біомаси, надосадову рідину зливали і піддавали автоклавуванню при 112 °С (30 хв).

Для експрес-оцінки кількісного вмісту ПАР у супернатанті (препаратах ПАР) використовували показник умовної концентрації ПАР (ПАР*), який визначали як ступінь розбавлення супернатанту культуральної рідини (препарату ПАР) у точці збільшення поверхневого натягу на графіку залежності σ_s від значення розведення. Абсциса точки перетину кривої відповідає значенню ПАР*. Умовна концентрація ПАР виражається в умовних одиницях.

Кількість ПАР в культуральній рідині (г/л) визначали ваговим методом після екстракції поверхнево-активних речовин сумішшю Фолча. Для цього 25 мл супернатанту поміщали в циліндричну ділильну воронку об'ємом 100 мл, додавали 16 мл суміші хлороформу і метанолу (2:1, суміш Фолча) і струшували (з метою екстракції ліпідів) протягом 5 хв. Отриману після екстракції суміш залишали в воронці для розділення фаз, після чого нижню фракцію збирали (органічний екстракт 1), а водну фазу піддавали повторній екстракції. При повторній екстракції до водної фази додавали 16 мл суміші Фолча і проводили екстракцію ліпідів протягом 5 хв. Після розділення фаз, збирали нижню фракцію і отримували органічний екстракт 2. На третьому етапі до водної фази додавали 25 мл суміші Фолча і здійснювали екстракцію, як описано вище, отримуючи органічний екстракт 3. Екстракти 1 — 3 змішували і упарювали на роторній випарній установці ІР-1М2 (Росія) при температурі 50 °С і абсолютному тиску 0,4 — 0,5 атм до постійної маси.

Визначення антиадгезивних властивостей препаратів ПАР проводили так. Однакові пластинки досліджуваного матеріалу (лінолеум, кафель, пластик, нержавіюча сталь) розміром 1 см² очищали за допомогою м'якого засобу «Gala», ополіскували у дистильованій воді і стерилізували відповідно до матеріалу (кафель, нержавіюча сталь — при 112 °С, 1 год; пластик, лінолеум — 112 °С, 30 хв).

Частину пластинок матеріалу обробляли препаратами ПАР, а іншу — стерильною дистильованою водою (контроль), для чого поміщали пластинки на 24 год у препарат (або дистильовану воду) і витримували при кімнатній температурі, щоб відбулася взаємодія ПАР із поверхнею матеріалу. Потім контрольні і попередньо оброблені препаратами ПАР пластинки ополіскували 10 мл стерильної дистильованої води для видалення залишку препаратів.

Для забезпечення прикріплення клітин на поверхню матеріалів у суспензію тест-культури поміщали попередньо оброблені препаратами ПАР і контрольні пластинки матеріалу і витримували 2 год при кімнатній температурі, потім ополіскували 10 мл стерильної водопровідної води для видалення неадгезованих клітин. Пластинки поміщали у колбу із 20 мл стерильної водопровідної води і кульками бісеру та струшували 5 хв, щоб змити адгезовані клітини. Кількість клітин у суспензії визначали за методом Коха.

Кількість адгезованих клітин визначали як відношення кількості адгезованих клітин на попередньо оброблених препаратами ПАР зразках до кількості клітин на контрольних зразках і виражали у відсотках.

З літератури [3] відомо, що обробка сталі і поліпропілену сурфактином спричиняла зниження числа адгезованих клітин *E. sakazakii* і *L. monocytogenes* на обох поверхнях. Найефективніше сурфактин діяв щодо *L. monocytogenes*, коли логарифм кількості клітин знизився із 7,9 до 5,7 — тобто на 10² КУО/см². Адгезія *Salmonella enteritidis* на нержавіючій

сталі після обробки сурфактином майже не зменшувалась, тоді як на поліпропілені цей показник адгезії усіх штамів значно знижувався. Лише для *S. enteritidis* показано незначне збільшення кількості прикріплених клітин. Після обробки обох видів поверхонь рамноліпідами не було відмічено помітного зниження кількості прикріплених клітин будь-якого штаму [3].

На першому етапі наші дослідження були спрямовані на виявлення антиадгезивних властивостей ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 щодо добових культур *B. subtilis* БТ-2 та *E. coli* IEM-1 (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив препаратів ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на адгезію клітин бактерій на деякі матеріали

Тест-культура	Адгезія клітин (%), на			
	лінолеум	сталь	пластик	кафель
<i>B. subtilis</i> БТ-2	17,6±0,9	—	*	58,7±2,9
<i>E. coli</i> IEM-1	*	59±2,9	85±4,2	86±4,3

Примітка. Тут і у табл. 2: концентрація ПАР у препараті— 0,28 мг/мл. «—» — не спостерігалось адгезії на даний матеріал; «*» — виявлено стимуляцію адгезії на даний матеріал. Кількість клітин у контрольному зразку приймали за 100 %.

Як видно із даних, наведених у табл. 1, досліджувані препарати ПАР спричиняли зниження кількості прикріплених клітин *B. subtilis* БТ-2 на лінолеумі та кафелі на 82,4 % і 41,3 % відповідно. Водночас спостерігалось збільшення чисельності прикріплених клітин *B. subtilis* БТ-2 на пластикову поверхню і не відбувалось адгезії на нержавіючу сталь.

Для штаму *E. coli* IEM-1 характерним було зниження адгезії на сталеві пластинки на 41 %, на пластик — на 15 % і на кафель — на 14 % під впливом препаратів ПАР, проте спостерігалось зростання кількості прикріплених клітин *E. coli* IEM-1 на лінолеум.

Процеси прикріплення обох досліджуваних бактерій до різних поверхонь суттєво відрізнялися між собою. Наприклад, грамнегативні клітини *E. coli* IEM-1 адгезувалися на сталь, на яку грампозитивні клітини *B. subtilis* БТ-2 не прикріплювалися. Кількість адгезованих на пластикових пластинках клітин *E. coli* IEM-1 зменшувалася на 15 %, а прикріплення *B. subtilis* БТ-2 навпаки, стимулювалося за присутності препаратів ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241.

Відмінності у процесах адгезії грампозитивних і грамнегативних тест-культур на різні матеріали, оброблені препаратами ПАР, можуть бути зумовлені різним хімічним складом поверхневих структур клітинних стінок цих бактерій.

Раніше нами було встановлено, що прояв антимікробної дії препаратів ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 залежав від фізіологічного стану тест-культури *B. subtilis* БТ-2 [1, 2].

На наступному етапі ми досліджували антиадгезивну активність ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 щодо вегетативної та спорової культури *B. subtilis* БТ-2 (табл. 2)

Таблиця 2. Залежність кількості прикріплених до деяких матеріалів клітин *B. subtilis* БТ-2 від фізіологічного стану культури за присутності препаратів ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241

Вік тест-культури, год	Адгезія клітин (%), на			
	лінолеум	сталь	пластик	кафель
15	20,8 ± 1,0	—	*	61,3 ± 3,1
72	14,2 ± 0,7	—	*	54,2 ± 2,7

Результати, наведені у табл. 2, свідчать про те, що препарати ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 у концентрації 0,28 мг/мл спричиняли зниження числа прикріплених клітин *B. subtilis* БТ-2 різного фізіологічного стану, на лінолеумі та кафелі, причому показники прикріплення знижувалися зі зростанням віку клітин, тобто 72-х година культура адгезувалася гірше, ніж 15-ти годинна (14,2 % на лінолеумі, 54,2 % на кафелі).

Аналогічно, як і для добової культури *B. subtilis* БТ-2 (табл. 1), для спор характерним було збільшення адгезії клітин на пластикову поверхню і не відбувалось прикріплення на пластинки сталі. Таке явище для клітин різного фізіологічного стану може пояснюватися реакціями клітин на стресові дії, а також особливостями взаємодії матеріалів із поверхневими структурами клітин.

ТЕХНОЛОГІЯ

Ми припускаємо також, що адгезія культури залежить від природи її поверхневих структур і властивостей матеріалу-мішені та фізико-хімічних властивостей ПАР, які входять до складу препаратів. Вирішенню цих питань будуть присвячені наші подальші дослідження.

Висновки. Встановлено, що препарати ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 знижували кількість прикріплених клітин *B. subtilis* БТ-2 різного фізіологічного стану на лінолеум на 79,1 – 85,8 % і кафель на 38,7 – 45,8 %; водночас спостерігалось стимулювання адгезії на пластик, а на сталеві пластинки клітини не прикріплювалися. Для *E. coli* ІЕМ-1 характерним було зниження кількості адезованих клітин на сталі, пластику і кафелі на 41 %, 15 % і 14 % відповідно, проте спостерігалась зростання прикріплення клітин тест-культури на лінолеум. Отримані результати свідчать про перспективність використання ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 як антиадгезивних компонентів дезінфікуючих засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пирог Т.П. Використання мікробних поверхнево-активних речовин у біології та медицині / Т.П. Пирог, А.Д. Конон, А.Б. Скочко // Біотехнологія. — 2011. — Т. 4, № 2. — С. 24 – 38.
2. Пирог Т.П. Антимікробна дія поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* К-4 та *Rhodococcus erythropolis* ЕК-1 / Т.П. Пирог, А.Д. Конон, А.П. Софілканич, А.Б. Скочко // Мікробіол. журнал. — 2011 — Т. 73, № 3 — С. 14 – 20.
3. Nitschke M. Surfactin reduces the adhesion of food-borne pathogenic bacteria to solid surfaces / M. Nitschke, L.V.Araújo, S.G. Costa, R.C. Pires, A.E. Zeraik, A.C. Fernandes, D.M. Freire, J. Contiero // Let. App. Microbiol. — 2009. — V. 49. — P. 241 – 247.
4. Rivardo F. Anti-adhesion activity of two biosurfactants produced by *Bacillus* spp. prevents biofilm formation of human bacterial pathogens / F. Rivardo, R.J. Turner, G. Allegrone, H. Ceri, M.G. Martinotti // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2009. — V. 83. — P. 541 – 553.

Препараты поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 (0,28 мг/мл) уменьшали количество прикрепленных клеток *Bacillus subtilis* БТ-2 разного физиологического состояния на кафеле на 38,7 – 45,8 % и линолеуме на 79,1 – 85,8 %, *Escherichia coli* ІЕМ-1 — на стали, пластике и кафеле на 41, 15 и 14 % соответственно. Такие препараты могут быть использованы как антиадгезивные компоненты дезинфицирующих средств.

Ключевые слова: *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241, поверхностно-активные вещества, антиадгезивное действие

A. Skochko, A. Konon, T. Pirog

Research of antiadhesion properties of surface-active substances of *acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241

It was established that drugs of surface-active substances (SAS) of *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 in concentration 0,28 mg/ml reduced the number of attached cells of twenty-four-hour *Bacillus subtilis* БТ-2 culture on ceramic tile per 41,3 % and linoleum per 82,4 %, *Escherichia coli* ІЕМ-1 — on steel, plastic and ceramic tile per 41, 15 and 14 % respectively. It was shown that anti-adhesion activity of *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 SAS drugs caused a decrease in the number of attached cells of *B. subtilis* БТ-2 depending on their physiological state, and effectively act on the spore culture (14,2 % of attached cells on linoleum, 54,2 % — on ceramic tile). Regardless of the physiological state of cells of *B. subtilis* БТ-2 under the influence of surfactant drugs observed stimulation of adhesion to plastic, and *E. coli* ІЕМ-1 — on linoleum.

The results can be used for the development of disinfectants, in which the antiadhesive components may be the SAS of *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241.

Key words: *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241, surfactants, anti-adhesion activity.

Одержане редколегією 01.03.2011 р

УДК 662.767.2:636.5/.6

А.І. САЛЮК, канд. техн. наук,

С.О. ЖАДАН, магістрант,

Є.Б. ШАПОВАЛОВ

Національний університет харчових технологій

ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ З КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ ТА ЙОГО ОПТИМІЗАЦІЯ

У статті наведено результати досліджень оптимізації метанового бродіння курячого посліду. Оптимальними параметрами метаногенезу даного субстрату є вологість 85 %, кількість посівного матеріалу 5 %, тривалість процесу від 13 до 20 діб.

Ключові слова: курячий послід, анаеробне бродіння, біогаз, оптимізація, аміак, інгібування, мезофільний режим.

З переходом птахівництва на промислову основу й появою великих птахівницьких господарств, поголів'я птиці в яких становить десятки й сотні тисяч голів, галузь зіштовхнулася із проблемою використання великої кількості пташиного посліду [2].

Птахи погано засвоюють енергію рослинних кормів. Більша її частина переходить у послід. Виходячи з цього, він може бути використаний як відновлюване джерело енергії при виробництві біогазу, що є одним з шляхів його утилізації.

Для посліду характерним є значний вміст білка, який є джерелом N. Відношення C/N є меншим за оптимальне. За таких умов може утворюватись аміак, що за певних концентрацій призводить до інгібування процесу.

Інгібуючий ефект аміачного азоту був показаний рядом авторів (наприклад, Маккарті і Мак-Кінні, Хобсон і Шоу, Костер і Леттінга). Проте неодноразово показано, що метаногени можуть адаптуватися до підвищення концентрації амонійного азоту [5, 6, 7].

За своїми фізичними та хімічними властивостями послід не дуже добре підходить для анаеробного зброджування, проте ряд дослідників повідомили про успішну роботу систем виробництва біогазу з пташиного посліду. Більшість з них були розроблені для роботи у мезофільному режимі (близько 35 °C) [4].

Хасан і співавт. для оптимального виробництва біогазу рекомендують використовувати послід з кількістю сухих речовин 4,6 – 7,6%, за температури 35 °C. Також повідомляється, що додавання речовин, що містять легко доступний вуглець і збільшення кількості посівного матеріалу інтенсифікує процес [4].

Грунтуючись на аналізі доповідей про анаеробне зброджування і виробництво біогазу з пташиного посліду, Сміт рекомендує використовувати співвідношення C:N на рівні 16:1, 40-денний час утримання, швидкість завантаження 2,4 кг сухих органічних речовин в день на м³ біогазової установки, об'єм реактора — 3,86 м³ на 1000 кг живої ваги тварин [4].

З. Печан і співавт. вивчали бродіння курячого посліду при мезофільних температурах. У середньому вміст сухих речовин становив від 11,3 % до 14,1 %, сухих органічних речовин від 7,8 % до 9,7 % і тривалість утримання від 27 до 58 діб. Шкідливого впливу на виробництво біогазу не спостерігалось, незважаючи на середні концентрації амонійного азоту в стічних водах від 4,07 до 5,85 г/л. Вихід біогазу становив від 0,239 до 0,370 л/г сухих органічних речовин, вміст метану в біогазі — від 59 до 67 % [8].

Ф. Абаюлян і співавт. повідомляють про зброджування посліду вологістю 75 % у мезофільних умовах при 37 °C з використанням системи повторної партії культури [3].

ТЕХНОЛОГІЯ

З огляду на широкі межі варіювання параметрів різними дослідниками процесу метою роботи є встановлення оптимальних параметрів анаеробного зброджування пташиного посліду.

Процес проводили у мезофільному температурному режимі при температурі 35 °С. Зброджування здійснювали у періодичному режимі. Дослідження проводили при чотирьох різних значеннях вологості посліду (80 %, 85 %, 90 %, 95 %) і трьох різних дозах посівного матеріалу (5 %, 10 %, 15 % за об'ємом середовища). Перемішування проводили 2 рази на день. Контроль об'єму виділеного газу проводили кожен день.

Курячий послід був взятий з птахофабрики «Васильківська». Птахи утримувались у кліткових батареях. Для годівлі використовувалась стандартна суміш кормів. До розведення послід зберігався в холодильнику при температурі +4 °С. Перед розведенням до певної концентрації послід гомогенізували. Доведення до необхідної вологості здійснювали водопровідною водою. Характеристика посліду, що використовували у дослідженнях, наведена у таблиці.

Таблиця 1. Характеристика посліду

Показники	Одиниця виміру	Значення показнику
Вологість	%	69,49
Сухі речовини	%	30,51
Зольність	% на суху речовину	15,45
Сухі органічні речовини	% на суху речовину	84,55
Азот загальний	% на сиру речовину	1,86
Азот амонійний	% на сиру речовину	0,05
Фосфор загальний (в перерахунку на P2O5)	% на сиру речовину	1,15
Калій загальний (в перерахунку на K2O)	% на сиру речовину	0,46
pH		7,4

У якості посівного матеріалу використовували надлишковий анаеробний активний мул, взятий з метантенків Бортницької станції аерації, у яких піддають обробці осад з первинних відстійників та надлишковий аеробний активний мул. Активний мул відстоювали, а потім декантували рідину, що відшарувалась. Вологість становила 95,94 %, зольність — 33,9 %.

Установка (рис. 1) являє собою чотири термостати, у кожному з яких розміщено по чотири 6-літрових герметичних бутлі, у кришці кожного з яких є штуцер для виходу біогазу. Бутель з'єднаний гумовим шлангом з газгольдером (скляною ємністю, заповненою водою). Облік біогазу, що утворився, фіксували за кількістю води в мірному циліндрі, яка була витіснена виділеним біогазом з ємності з водою.



Рис. 1. Лабораторна установка для метанового бродіння пташиного посліду

Встановлено, що зі збільшенням вологості посліду збільшується вихід біогазу з одиниці маси сухих речовин і відповідно сухих органічних речовин, проте з одиниці об'єму метантенку зменшується (рис. 2, 3).

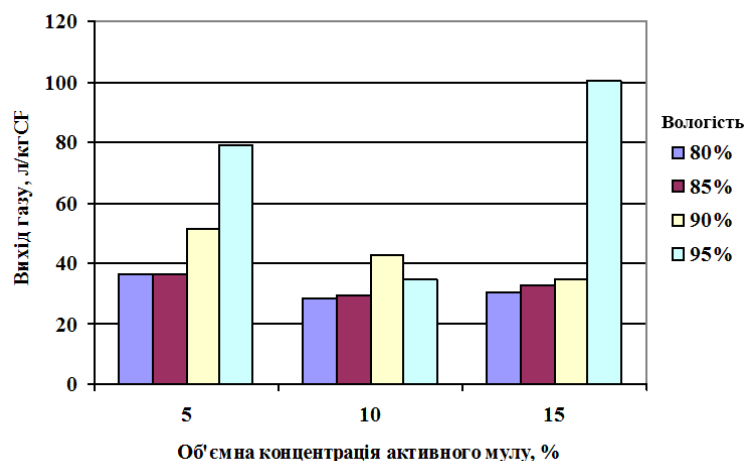


Рис. 2. Залежність виходу біогазу з кг сухих речовин від вологості посліду та дози активного мулу

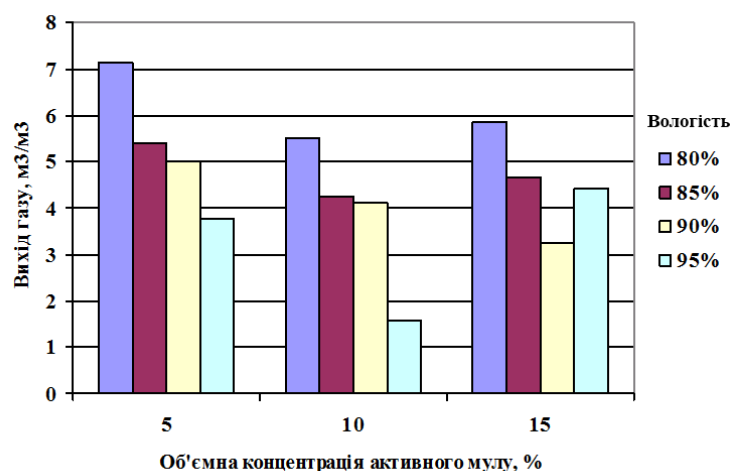


Рис. 3. Залежність виходу біогазу з одиниці об'єму від вологості посліду та дози активного мулу

Економічно вигідним є збільшення виходу газу з одиниці об'єму. Відповідно до цього необхідно зменшити вологість субстрату, що зброджується. Потрібно враховувати, що при виробництві біогазу вологість посліду повинна дозволяти транспортувати його за допомогою насосів. Вологість посліду, за якої він починає поводити себе як рідина, становить 85 %.

Тривалість обробки курячого посліду повинна становити не менше часу подвоєння метаногенних мікроорганізмів, яка для відходів тваринництва становить від 9 до 13 діб [1].

Період, за який виділяється основна частина газу для вологості посліду 85 % і 90 %, триває 3 тижні. При вологості 80 % і 95 % газ активно виділяється протягом перших 2-ох тижнів і починаючи з 4-го.

ТЕХНОЛОГІЯ

Збільшення кількості посівного матеріалу не призвело до інтенсифікації метанового бродиння. Максимальний вихід газу спостерігався при його об'ємній кількості 5 %.

Вихід біогазу при зброджуванні курячого посліду вологістю 85 % і дозі посівного матеріалу 5 % наведено на рис. 4.

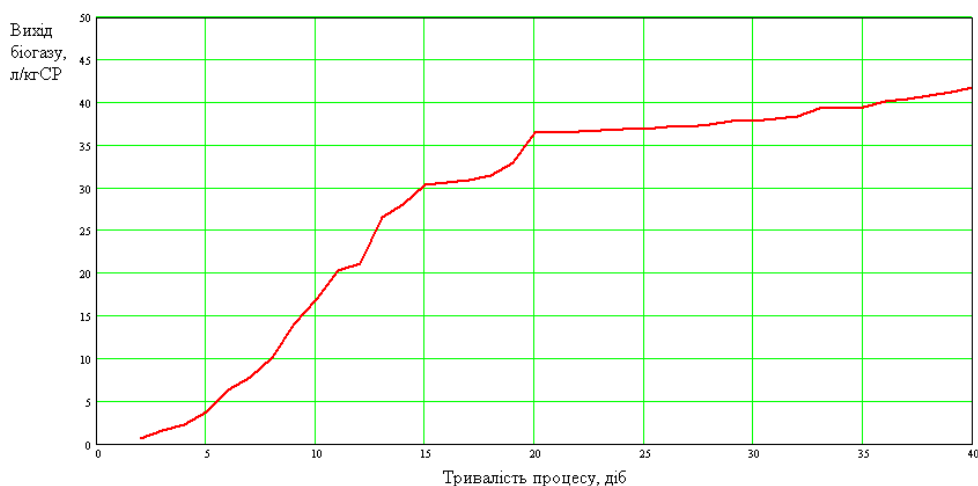


Рис. 4. Вихід біогазу при зброджуванні курячого посліду вологістю 85% і дозі посівного матеріалу 5 %

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що оптимальними параметрами для проведення анаеробного зброджування птишиного посліду є вологість субстрату 85 %, кількість посівного матеріалу 5 % тривалість процесу від 13 до 20 діб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марченко Д.Б. Оптимизация режима эксплуатации биогазовой установки: информ. листок / Д.Б. Марченко, Л.З. Шрайбер; ОмЦНТИ. — Омск, 2004. — № 14. — 4 с.
2. Мельник В.А. Птичий помет: пути решения проблемы / В.А. Мельник, И.И. Ивко // Эффективное птицеводство. — 2006. — №1. — С. 29 – 37.
3. Abouelenien F. Dry mesophilic fermentation of chicken manure for production of methane by repeated batch culture / F. Abouelenien, Y. Nakashimada // Journal of Bioscience and Bioengineering. — 2009. — V. 107, № 3. — P. 293 – 295.
4. Edwards D.R. Environmental Impacts of On-Farm Poultry Waste. Disposal A Review / D.R. Edwards, T.C. Daniel // Bioresource Technology. — 1992. — № 41. — P. 9 – 33.
5. Hobson P.N. Inhibition of methane production by Methanobacterium formicicum / P.N. Hobson, B.G. Shaw // Water Research. — 1976. — № 10. — P. 849 – 852.
6. Koster J.W. The influence of ammonium-nitrogen on the specific activity of pelletized methanogenic sludge / J.W. Koster, G. Lettinga // Agricultural Wastes. — 1984. — № 9. — P. 205 – 216.
7. McCarty P.L. Salt toxicity in anaerobic digestion / P.L. McCarty, R.E. McKinney // J. Water Pollution Control Federal. — 1961. — № 33. — P. 399 – 415.
8. Pechan Z. Anaerobic Digestion of Poultry Manure at High Ammonium Nitrogen Concentrations / Z. Pechan, O. Knappovfi // Biological Wastes. — 1987. — №20. — P. 117 – 131.

В статтю приведені результати досліджень оптимізації метанового броження куриного помета. Оптимальними параметрами для проведення процесу броження птичього помёта являється вологість субстрату 85 % кількість посівного матеріалу 5 %, тривалістю від 13 до 20 діб.

Ключевые слова: куриный помет, анаэробное брожение, биогаз, оптимизация, амиак, ингибирование, мезофильный режим.

A. Salyuk, S. Zhadan, E. Shapovalov

Biogas recovery from chicken manure and its optimization

Methane fermentation of chicken manure was carried out in the mesophilic temperature regime at the temperature of about 35 °C. The fermentation was carried out in periodic regime. The investigation was carried out at four different manure moisture levels (80 %, 85 %, 90 %, 95 %) and three different doses of inoculum (5 %, 10 %, 15 % of the volume).

It has been found out that with the increase of manure moisture the gas withdrawal from one unit of dry substance amount and correspondingly dry organic substances also increases, but from one unit of digester volume — decreases. The optimal parameters for carrying out anaerobic fertilization of chicken manure are: moisture of substrate at the level of 85 %, amount of inoculum — 5 %, duration of the process — from 13 to 20 days.

Key words: chicken manure, anaerobic digestion, biogas, optimization, ammonia, inhibition, mesophilic condition.

Одержана редколегією 17.03.2012 р.

О.М. ЛИТОВЧЕНКО, д-р техн. наук,
В.І. ПОБЕРЕЖЕЦЬ, асп.,
І.І. ПОБЕРЕЖЕЦЬ, канд. фіз.-мат. наук
Уманський національний університет садівництва

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ СПИРТУ І ЗАГАЛЬНОГО ЕКСТРАКТУ В ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ ВИНОМАТЕРІАЛАХ К-МЕТОДОМ

Запропоновано новий експрес-метод визначення вмісту спирту і загального екстракту у виноматеріалах та винах. Середня похибка об'ємної частки спирту становить 0,2 % об., а похибка вмісту загального екстракту дорівнює 0,1 %. Цей метод, в основі якого лежать ареометричні та рефрактометричні вимірювання, експериментально перевірено для яблучних, грушевих і вишневих виноматеріалів.

Ключові слова: ареометр, екстракт, етиловий спирт, концентрація, рефрактометр, сухі розчинні речовини.

Виробництво плодово-ягідних вин високої якості потребує постійного контролю за їх хімічним складом. Основними складовими виноматеріалів є етиловий спирт і загальний екстракт. Загальний екстракт можна визначити за таблицею, якщо відома об'ємна частка спирту і густина виноматеріалу [3]. Значно складніше визначити об'ємну частку спирту. Ареометричний метод визначення вмісту спирту включає процес перегонки виноматеріалу, а хімічний метод включає перегонку і ряд хімічних реакцій [2, 3]. Таким чином, ці стандартні методи вимагають затрат енергії і часу, тому в даних дослідженнях розроблено К-метод (метод К-коефіцієнтів) експрес-контролю вмісту спирту і загального екстракту у виноматеріалах і винах.

Сік для виноматеріалів отримували шляхом пресування із яблук сорту Кальвіль сніговий, із груш сорту Глек і вишень сорту Подбельська. Соки пастеризували протягом трьох-п'яти хвилин при температурі 85 °С. Після пастеризації до соків додавали цукор-пісок або мед в такій кількості, щоб в кінці бродіння одержати необхідний вміст спирту. Сусло зброджували періодичним способом при температурі 20 °С, із застосуванням чистої культури дріжджів L29406 Best before: 06/2005 oeroferm.

Об'ємну частку спирту визначали стандартним ареометричним методом, масову частку сухих розчинних речовин (СРР) знаходили гравіметричним (ваговим) методом, густину виноматеріалів визначали пікнометричним методом, показник заломлення світла вимірювали рефрактометром із шкалою сухих розчинних речовин за сахарозою чи просто шкалою сухих речовин.

В К-методі використовуються показання шкали сухих розчинних речовин за сахарозою рефрактометра і показання ареометра із шкалою для визначення масової частки сахарози, яка також є шкалою сухих розчинних речовин. Також можна визначити густину виноматеріалу пікнометром і за таблицею густини водних розчинів сахарози знайти масову частку.

При визначенні загального екстракту ареометричним чи рефрактометричним методами екстракт умовно вважають сахарозою, а леткі сполуки вважаються етиловим спиртом [2]. Так як сухі розчинні речовини також умовно вважають сахарозою, тому масова частка загального

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

екстракту дорівнює масовій частці сухих розчинних речовин. В дійсності в загальному екстракті є в дуже малих кількостях нелеткі рідини, серед яких лише вміст гліцерину становить десяти долі відсотка [1]. Але нелеткі рідини аналогічно сухим розчинним речовинам збільшують густину і показник заломлення світла, не випаровуються при висушуванні виноматеріалів в гравіметричному методі, і тому вони експериментально визначаються як сухі розчинні речовини.

У виноматеріалах вміст спирту і загального екстракту можна визначити на основі вимірювань двох фізичних параметрів при умові, що ці сполуки створюють різний вплив на досліджувані параметри. Такими параметрами є густина і показник заломлення світла. Сухі розчинні речовини загального екстракту збільшують густину і показник заломлення світла, а спирт зменшує густину і збільшує показник заломлення світла.

Збільшення об'ємної частки спирту при сталій масовій частці загального екстракту збільшує показання шкали сухих речовин рефрактометра і зменшує показання шкали для визначення концентрації сахарози рефрактометра. Таким чином, різниця показань зростає, а їх сума залишається майже незмінною. Тому за різницею показань можна визначити вміст спирту, а за їх сумою можна знаходити масову частку загального екстракту.

Проведені експериментальні дослідження показали, що масова частка загального екстракту дорівнює середньому арифметичному показань рефрактометра (C_n) і ареометра (C_p):

$$C = \frac{C_n + C_p}{2} \quad (1)$$

Якщо масову частку помножити на густину виноматеріалу, то одержуємо масову концентрацію загального екстракту, яка вимірюється в г/дм³.

Об'ємна частка спирту знаходиться за формулою:

$$C_s = K(C_n - C_p), \quad (2)$$

де K — коефіцієнт, який при вмістові спирту меншому 20 % об. в межах точності дослідів не залежить від вмісту спирту, а залежить від масової частки загального екстракту. Значення коефіцієнта K представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Залежність коефіцієнта K від масової частки загального екстракту

Масова частка загального екстракту, %	K	Масова частка загального екстракту, %	K
0	1,408	16	1,534
2	1,412	18	1,557
4	1,416	20	1,579
6	1,423	22	1,597
8	1,441	24	1,615
10	1,464	26	1,632
12	1,488	28	1,650
14	1,511	30	1,670

При певних значеннях вмісту спирту і загального екстракту необхідно уточнити масову частку загального екстракту за формулою:

$$C = \frac{C_n + C_p}{2} + C_d, \quad (3)$$

де C_d — поправка, яка залежить від об'ємної частки спирту і масової частки загального екстракту (табл. 2).

Результати досліджень яблучних, грушевих і вишневих виноматеріалів, проведені K -методом і стандартними методами досліджень, представлені в табл. 3 і 4.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Таблиця 2. Поправка на вміст сухих розчинних речовин

Масова частка загального екстракту, %	Вміст спирту, % об.						
	8	10	12	14	16	18	20
0	-0,07	-0,13	-0,21	-0,31	-0,42	-0,55	-0,69
2	-0,02	-0,08	-0,16	-0,24	-0,34	-0,44	-0,56
4	0,00	-0,04	-0,12	-0,20	-0,29	-0,39	-0,48
6	0,00	-0,01	-0,09	-0,17	-0,24	-0,32	-0,40
8	0,00	0,00	-0,05	-0,13	-0,20	-0,27	-0,34
10	0,00	0,00	-0,03	-0,10	-0,16	-0,22	-0,28
12	0,00	0,00	-0,01	-0,07	-0,12	-0,16	-0,22
14	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,08	-0,12	-0,16
16	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,05	-0,07	-0,10
18	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,04
20	+0,01	+0,01	+0,01	+0,02	+0,02	0,00	0,00
22	+0,02	+0,02	+0,03	+0,04	+0,05	+0,03	+0,03
24	+0,04	+0,05	+0,06	+0,07	+0,09	+0,08	+0,08
26	+0,06	+0,08	+0,09	+0,11	+0,13	+0,13	+0,13
28	+0,08	+0,10	+0,12	+0,15	+0,17	+0,18	+0,18
30	+0,10	+0,13	+0,16	+0,19	+0,21	+0,22	+0,22

Таблиця 3. Вміст спирту і загального екстракту у виноматеріалах з добавкою цукру-піску

Показники	Виноматеріали		
	Яблучний	Грушевий	Вишневий
Показання шкали СРР рефрактометра, %	9,2	10,6	11,6
Показання шкали СРР ареометра, %	-1,5	0,0	2,1
Вміст спирту, визначений К-методом, % об.	15,1	15,0	13,6
Вміст спирту, визначений стандартним ареометричним методом, % об.	15,4	15,2	13,7
Масова частка загального екстракту, визначена К-методом, %	3,6	5,1	6,7
Масова частка СРР, визначена гравіметричним методом	3,7	5,2	6,7

Таблиця 4. Вміст спирту і загального екстракту у виноматеріалах з добавкою меду

Показники	Виноматеріали				
	Яблучні		Грушевий	Вишневий	
Показання шкали СРР рефрактометра, %	7,1	10,1	20,7	10,0	11,8
Показання шкали СРР ареометра, %	-1,0	-1,1	12,2	-0,2	2,8
Вміст спирту, визначений К-методом, % об.	11,5	15,9	13,1	14,5	12,9
Вміст спирту, визначений стандартним ареометричним методом, % об.	11,5	15,7	13,0	14,7	13,1
Масова частка загального екстракту, визначена К-методом, %	2,9	4,2	16,4	4,7	7,2
Масова частка СРР, визначена гравіметричним методом, %	2,9	4,1	16,3	4,8	7,1

Показання ареометра слід вважати від'ємними, коли густина виноматеріалу стає меншою за густину води (табл. 3 і 4).

Якщо дані, одержані стандартними методами, вважати точними, то тоді середня похибка К-методу у визначенні масової частки загального екстракту становить 0,1 %, а похибка у визначенні вмісту спирту дорівнює 0,2 % об. (табл. 3 і 4).

Висновки. На основі проведених досліджень яблучних, грушевих і вишневих виноматеріалів можна зробити висновок, що К-методом можна визначити вміст спирту і загального екстракту в інших виноматеріалах і винах, так як в основі методу лежать ареометричні і рефрактометричні вимірювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кишковский З.Н., Скурин И.М. Химия вина. — М.: Пищевая пром-сть, 1976. — 312 с.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

2. *Лабораторный* практикум по курсу «Технология вина». [Мержаниан, В.Ф. Монастырский, И.Б. Платонов и др.]; под ред. А.А. Мержаниана. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1991. — 216 с.

3. *Методы* технохимического контроля в виноделии / За ред. В.Г. Гержиковой. — Симферополь: Таврида, 2002. — 260 с.

Предложено новый экспресс-метод определения содержания спирта и общего экстракта в виноматериалах и винах. Средняя погрешность объемной доли спирта становит 0,2 % об., а погрешность содержания общего экстракта равна 0,1 %. Этот метод, в основе которого лежат ареометрические и рефрактометрические измерения, экспериментально проверялся для яблочных, грушевых и вишневых виноматериалов.

Ключевые слова: ареометр, экстракт, этиловый спирт, концентрация, рефрактометр, сухие растворимые вещества.

O. Litovchenko, V. Pobereshets, I. Pobereshets

Definition of the content of alcogol and general extract in fruit-and-berry wine materials with the help of K-method

A new express method of defining the content of alcogol and general extract in wine materials and wines is suggested. An average error in the definition of alcogol content is 0,2 % of volume, while the error in defining the content of general extract is 0,1 %. This method, based on areometric and refractometric measurements, was tested experimentally for apple, pear and cherry wine materials.

Key words: areometer, refractometer, concentration, ethyl alcohol, dry soluble substances, extract.

Одержана редколегією 12.05.2011 р.

Г.В. ТАРАНЕНКО, канд. техн. наук
Технологічний інститут Східноукраїнського
національного університету
імені Володимира Даля, м. Сєвєродонецьк

ГІДРОДИНАМІЧНІ РЕЖИМИ РОБОТИ ТАРІЛОК ПРОВАЛЬНОГО ТИПУ

Досліджені гідродинамічні характеристики і ефективність роботи тарілок провального типу різного вільного перерізу на колонах різного діаметру в широкому діапазоні зміни навантажень по газу і рідині.

Встановлено гідродинамічні режими роботи тарілок провального типу. Вказано принципову відмінність між режимом рівномірного барботажу і режимом рухомого барботажного шару. Показаний зв'язок між режимами барботажного шару і ефективністю роботи тарілок провального типу.

Результати досліджень будуть використані для розробки методики розрахунку тарілок провального типу.

Ключові слова: тарілка провального типу, колона, режим роботи, газ, рідина.

Тарілки провального типу широко застосовуються у виробництві етилового спирту [1], нафтохімічної [2], содової [3], коксівної [4] і інших галузях промисловості.

Особливо ефективно використання тарілок провального типу в колонних апаратах, що працюють із забрудненими середовищами [1 – 4].

Обмежує застосування тарілок провального типу відносно вузький діапазон їх ефективної роботи і відсутність надійної методики розрахунку тарілок. Це може привести до того, що зручні в експлуатації тарілки провального типу, можуть бути замінені більш дорогими контактними масообмінними пристроями.

Тому, вдосконалення методики розрахунку тарілок провального типу є актуальною задачею.

До важливої характеристики тарілок провального типу відноситься діапазон їх стійкої роботи. Тарілки провального типу можуть працювати при великих навантаженнях по газовій і рідкій фазі, але у відносно вузькому діапазоні їх зміни. Діапазон стійкої роботи тарілок пов'язаний з гідродинамічними режимами їх роботи, які змінюють один одного при зміні співвідношення між газовою і рідкою фазами.

Режими роботи тарілок провального типу описувалися у роботах багатьох учених [1 – 3, 5 – 7], хоча загальної термінології назви гідродинамічних режимів барботажного шару на тарілках провального типу не було вироблено [7].

Були проведені гідравлічні дослідження роботи тарілок провального типу в широкому діапазоні зміни вільного перерізу тарілок від 16 до 36 % на колонах різного діаметру 57, 150, 400 і 2000 мм. Діаметр отворів тарілок в колоні 57 мм складав 5 мм. В решті колон – 12 мм. Навантаження

по рідині змінювалися в межах $4 - 150 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \text{ год}}$, швидкість газу в перерізі колони досягала 4 м/с.

Проведені також гідравлічні і кінетичні дослідження тарілок провального типу на стенді з колоною 300 мм при ректифікації системи метанол-вода (50 мол. %). На стенді з колоною 150 мм досліджували масообмін при десорбції двоокису вуглецю з води азотом. На стенді з колоною 57 мм вивчали теплообмін у барботажному шарі між нагрітим повітрям і водою.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

У процесі досліджень вимірювали гідравлічний опір тарілок, висоту барботажного шару і ефективність тарілок при різних співвідношеннях між газовою і рідкою фазами.

Було встановлено три гідродинамічні режими роботи тарілок провального типу:

- режим рівномірного барботажу;
- режим рухомого барботажного шару;
- режим захливання.

Режим рівномірного барботажу характеризується однорідною по всіх напрямках структурою чарункуватої піни, горизонтальною вільною поверхнею барботажного шару, висота якої не змінюється в часі, для одних і тих самих швидкостей газової і рідкої фаз. Це говорить про те, що в барботажному шарі сили тяжіння перевищують сили інерції рідини.

При висоті барботажного шару 80 – 100 мм настає режим рухомого барботажного шару, який характеризується відсутністю структурованої чарункуватої піни, криволінійною вільною поверхнею барботажного шару. Локальні висоти вільної поверхні барботажного шару змінюються в часі, мають амплітуду і частоту для одних і тих самих швидкостей газової і рідкої фази.

Режим захливання характеризується руйнуванням барботажного шару.

Найбільш характерні такі режими роботи для тарілок провального типу звичайного вільного перерізу до 25 %.

Перехід від режиму рівномірного барботажу до режиму рухомого барботажного шару добре узгоджується зі зміною стану відкритої системи, що самоорганізовується, коли вона проходить точку біфуркації. Ці процеси детально розглядаються у синергетиці, наприклад, перехід від ламінарної до турбулентної течії рідини [8].

Таблиця 1. Характеристики тарілок провального типу і умов дослідження

Номер тарілки	Умови кінетичних випробувань	Діаметр колони, мм	Вільний переріз тарілки %	Діаметр отворів в тарілці мм	Щільність зрошування $\frac{m^3}{m^2 \cdot год}$
1	Ректифікація системи метанол-вода (50 мол. %)	300	16	8	от 1,4 до 10,2
2	Система N_2 - CO_2 - H_2O	150	16	12	12,7
3	Теплообмін в системі повітря-вода	57	16	5	13,5

Для наведених у таблиці тарілок провального типу і умов проведення дослідів встановлено, що висота барботажного шару складає 80 – 100 мм при швидкості газу (пари) біля 0,8 м/с, рис. 1.

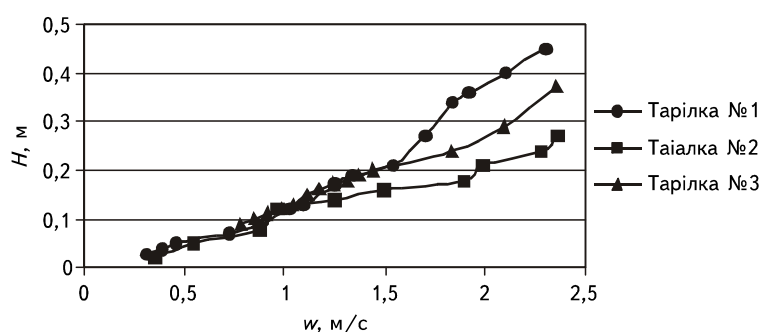


Рис. 1. Графік залежності висоти барботажного шару, H , від швидкості газу (пари) в перерізі колони, w

З цієї ж швидкості газу (пари) 0,8 м/с і більших значень швидкості, починається максимальна ефективність для тих самих тарілок провального типу, рис. 2.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

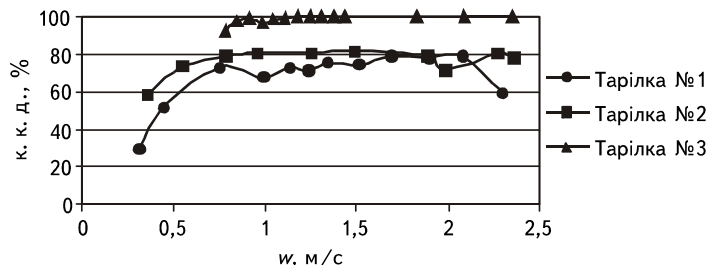


Рис. 2. Графік залежності ефективності (к. к. д.) тарілок провального типу від швидкості газу (пари) в перерізі колони, w

Для інших дослідів, проведених за умов зазначених на початку статті (всього біля 20 тарілок з різними геометричними характеристиками), встановлено, що режим рухомого барботажного шару починається при висоті барботажного шару 80 – 100 мм, коли рідинна фаза барботажного шару є суцільною, а газова (парова) — дисперсною. Перш за все це стосується тарілок провального типу звичайного вільного перерізу (до 25 %).

Для порівняння, з роботи [9] наведено на рис. 3 графік залежності висоти барботажного шару і ефективності від швидкості пари в перерізі колони. Вільний переріз тарілки складав 25 %. Дослідження проводили в колоні 120 мм. Діаметр отворів в тарілці складав 3 мм.

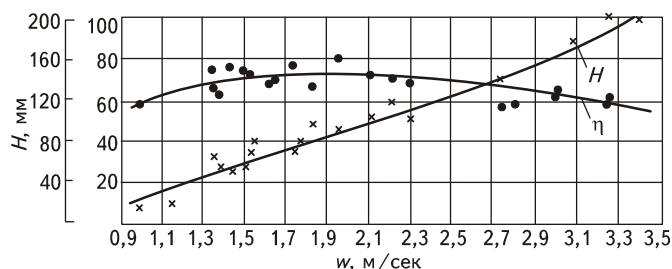


Рис. 3. Залежність коефіцієнта збагачення і висоти шару піни H від швидкості пари при ректифікації суміші метанол (10%) — вода

З графіків видно, що максимальна ефективність починається з висоти барботажного шару близько 80 мм.

Висновки. 1. Максимальна ефективність тарілок провального типу досягається при режимі рухомого барботажного шару. 2. Режим рухомого барботажного шару починається при висоті барботажного шару 80 – 100 мм для всіх досліджених тарілок провального типу і навантажень по газу і рідині, коли рідинна фаза барботажного шару є суцільною, а газова (парова) — дисперсною. 3. Початок максимально ефективної роботи тарілок провального типу необхідно вважати тоді, коли настає режим рухомого барботажного шару.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стабников В.Н. Провальные тарелки ректификационных аппаратов и их применение на предприятиях пищевой промышленности / В.Н.Стабников, М.И. Штромило. — М.: ЦНИИТЭпищепром, 1971. 16 с.
2. Колтунова Л.Н. Пути интенсификации процесса ректификации. Опыт промышленного применения решетчатых тарелок и методика их расчета / Колтунова Л.Н., Позин Л.С., Быстрова Т.А. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1977, 84 с.
3. Зайцев И.Д. Производство соды / Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Строев Н.Д. — М.: Химия, 1986. 312 с.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

4. Кузнецов В.Я. Опыт использования тарельчатого абсорбера для улавливания бензолных углеводородов из коксового газа / В.Я. Кузнецов, И.М. Шебастюк, Л.Н. Большакова, И.Н. Конкина // Кокс и Химия. — 2005. — № 2. — С. 22 — 23.
5. Пенный режим и пенные аппараты /Под ред. И.П. Мухленова и Э.Я. Тарата. — Л.: «Химия», 1977.
6. Касаткин А.Г. Расчет тарельчатых ректификационных и абсорбционных аппаратов / Касаткин А.Г., Плановский А.Н., Чехов О.С. — М.: Стандартгиз, 1961, 81 с.
7. Рамм В.М. Абсорбция газов / Рамм В.М. — М.: «Химия», 1976. — 656 с.
8. Пригожин И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ. / Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича Ю. В. Сачкова. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с.
9. Кочергин Н.А. Исследование работы тарелок провального типа в условиях ректификации / Н.А. Кочергин, В.М. Олевский, В.В. Дильман // Химическая промышленность. — 1960. — № 7. — С. 63 — 67.

Исследованы гидродинамические характеристики и эффективность работы тарелок провального типа различного свободного сечения на колоннах различного диаметра в широком диапазоне изменения нагрузок по газу и жидкости.

Установлены гидродинамические режимы работы тарелок провального типа. Указано принципиальное различие между режимом равномерного барботажа и режимом подвижного барботажного слоя. Показана связь между режимами барботажного слоя и эффективностью работы тарелок провального типа.

Результаты исследований будут использованы для разработки методики расчета тарелок провального типа.

Ключевые слова: тарелка провального типа, колонна, режимы работы, газ, жидкость.

G. Taranenko

Hydrodynamic behaviors of plates of passway type

Hydrodynamic descriptions and efficiency of work of plates of passway type of a different free section on the columns of a different diameter in the wide range of change of loadings on gas and liquid are explored.

Were measured hydraulic resistance, height of barbotage bed, and efficiency of plates of passway type. Efficiency was measured in the processes of rectification, absorption and heat exchange.

The hydrodynamic behaviors of plates of passway of type are set. Of principle distinction is indicated between the behavior of even barbotage and behavior of mobile barbotage bed. Communication between the behaviors barbotage bed is shown and efficiency of work of plates of passway type.

Result of researches will be drawn on for development of method of calculation of plates of passway type.

Key words: plate of passway type, column, behaviors, gas, liquid.

Одержана редколлегією 01.06.2011 р.

З.М. РОМАНОВА, канд. техн. наук,
В.Л. ПРИБИЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук,
М.В. БОНДАР, канд. техн. наук,
М.С. РОМАНОВ, магістр,
Д.Д. КАРПУТІНА, магістрант
Національний університет харчових технологій

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБРОДЖУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА РЕНТГЕНІВСЬКИМ ОПРОМІНЕННЯМ

Досліджено вплив рентгенівського опромінювання на біологічну активність дріжджових клітин *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70, які використовуються у пивоварінні. Були виявлені позитивні зміни фізико-хімічних показників сусла та біохімічного складу пива. Дослідження доводять, що електромагнітні випромінювання стимулюють біологічні процеси в дріжджовій клітині і в результаті процес зброджування скорочується до 2-ої доби.

Ключові слова: електромагнітне опромінювання, рентгенівські промені, дріжджі, біологічне середовище, пиво.

Розробка технологій з застосуванням безконтактних способів впливу завжди є актуальною, завдяки своїй екологічності при практичному застосуванні і при оптимальних вибраних режимах може принести значний економічний і соціальний ефект.

Зовнішнє електромагнітне опромінення (ЕМО), яке діє на мікробіологічні об'єкти може призвести як до їх активації, так і до інактивації. При цьому доведено, що характер впливу визначається режимом опромінення. Але можливості застосування електромагнітної обробки в технології пива і її вплив на фізико-хімічні та інші показники якості готової продукції маловивчені.

Таким чином, вивчення впливу електромагнітних випромінювань на фізіолого-біохімічні характеристики мікроорганізмів є актуальним і має як теоретичне значення для виявлення механізму впливу ЕМО на біологічні організми, так та практичне — для використання з метою інтенсифікації біотехнологічних процесів.

Метою роботи було експериментальне та теоретичне дослідження впливу рентгенівського опромінювання на біологічну активність дріжджових клітин *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70, що використовуються у пивоварінні).

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та визначені наступні завдання:

1. Експериментально та теоретично дослідити дію рентгенівського опромінення (РО) на мікроорганізми.
 2. Встановити та вивчити вплив електромагнітного випромінювання на біологічну активність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70. Визначити залежність біологічної дії рентгенівського опромінення на культуру від тривалості обробки.
 3. Дослідити морфолого-структурні зміни клітин дріжджів під дією рентгенівського опромінення.
 4. Визначити динаміку залежності ступеня збродження від тривалості опромінення.
 5. Інтенсифікувати процес збродження пивного сусла з використанням опромінених дріжджів.
- Об'єкт дослідження* — процес опромінювання, технологія пивоваріння та удосконалення її шляхом використання фізико-хімічних способів.

© З.М. Романова, В.Л. Прибильський, М.В. Бондар, М.С. Романов, Д.Д. Карпутіна, 2012

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Предметом дослідження є культура дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70, а також її особливості в процесі оцінки впливу електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону.

При виконанні роботи використовували класичні мікробіологічні та традиційні галузеві методи досліджень.

Бродильна активність дріжджів — важлива технологічна ознака дріжджів і визначає тривалість головного бродіння, фізико-хімічні властивості пива та його біологічну стійкість.

Так, головним показником, який характеризує бродильну активність дріжджів є ступінь зброджування суслу, що визначається активністю ферментів, які беруть участь у дисиміляції цукрів суслу.

Для дослідження обрано німецьку расу пивних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70 — високозброджуючі дріжджі низового бродіння, оптимальною температурою 6 – 12 °С. В кінці головного бродіння флокулюють, утворюючи густий осад. Бродильна активність становить 80 – 85 %.

Ця раса була відібрана серед трьох з найбільш популярних в пивоварінні рас дріжджів (Saflager W 34/70, чеська раса дріжджів та 8а раса) за такими показниками (рис. 1, 2): а) кінцевий ступінь зброджування (КСЗ) б) вміст діацетилу в готовому пиві (рис. 1).

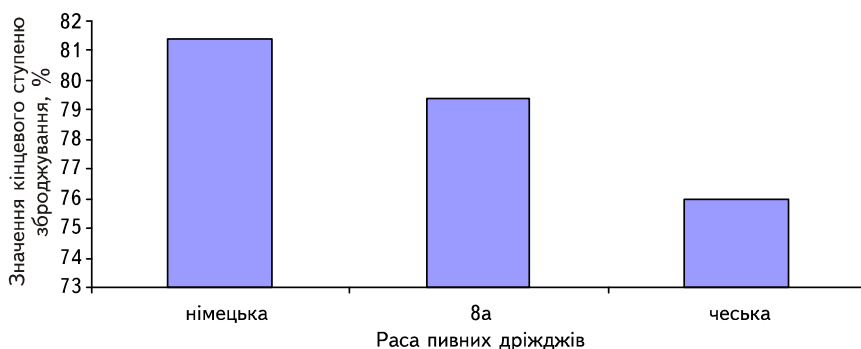


Рис. 1. Вплив раси пивних дріжджів на кінцевий ступінь зброджування

Встановлено, що при зброджуванні суслу дріжджами німецької раси Saflager W 34/70 КСЗ на відповідно 2 % та на 5,4 % вища, ніж при використанні раси 8а та чеської раси (рис. 1). Отже, слід очікувати більш високу стійкість готового пива, збродженого дріжджами даної раси.

В результаті досліджень встановлено також, що пиво отримане при зброджуванні расою *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70 містило найменшу концентрацію діацетилу 0,08 мг/дм³ (рис. 2).[1, 4]



Рис. 2. Вміст діацетилу в готовому пиві в залежності від використаної раси дріжджів

Отже, за дослідженими показниками для подальшої роботи було обрано дріжджі німецької раси *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Блок дослідження Фактор, що вивчається та досліджується

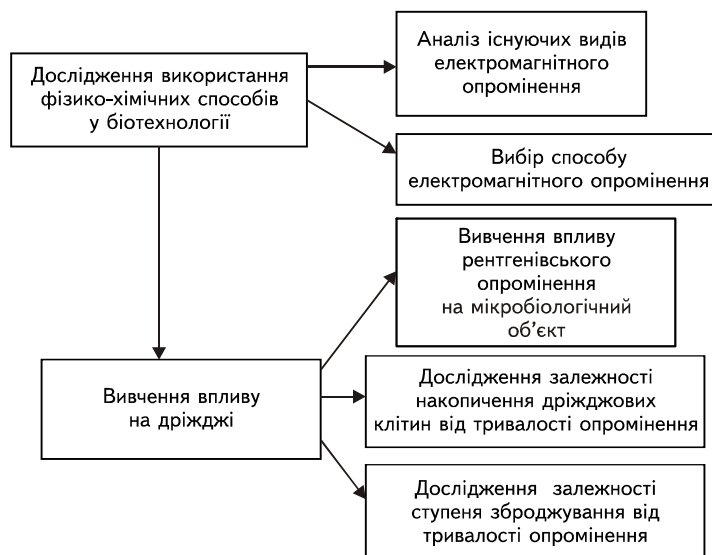


Рис. 3. Програма дослідження

Дослідження впливу рентгенівського випромінювання на біологічну активність дріжджів

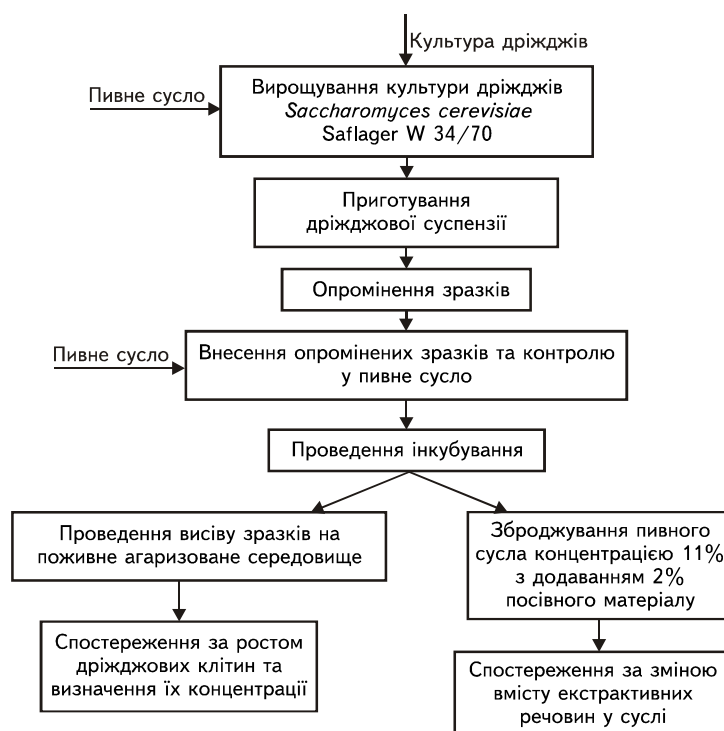


Рис. 4. Схема проведення досліджень

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Saccharomyces cerevisiae Saflager W 34/70 та визначення залежності біологічної дії рентгенівського опромінення на дану культуру від тривалості опромінення проводили за розробленими схемами (рис. 3, 4):

За джерело опромінювання вибрано азотний газовий лазер ультрафіолетового діапазону хвиль ($\lambda = 4,00 \times 10^{-7}$ м).

В результаті проведених досліджень встановлено, що при опроміненні впродовж 1 – 5 хв колонії дослідних зразків дріжджів на солодовому суслі-агарі за морфологічними ознаками мали круглу форму з радіальними смужками в порівнянні з контрольним зразком, тобто неопроміненими клітинами дріжджів. Деякі клітини збільшилися в розмірах у 1,5 – 2 рази.

Спираючись на літературні дані та на отримані результати щодо впливу ЕМ-опромінювання на морфологію дріжджової культури, можна припустити, що в результаті опромінення змінюється і активність дріжджів. [1, 4] Тому було досліджено та визначено залежність впливу терміну обробки рентгенівського опромінювання на ступінь активації клітинних структур дріжджової культури *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70 (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив ЕМ-опромінення на культуру *Sacch. cerevisiae* Saflager W 34/70

Найменування	Тривалість опромінювання, хв	Середня кількість колоній, КУО $\square 10^5 / \text{см}^3$
Контрольний зразок	0	92
	5	185
Рентгенівське опромінювання	10	92
	15	87
	20	64

Встановлено, що ефективність дії ЕМО збільшується при тривалості обробки 5 – 10 хв, після чого зменшується, що можна пояснити певним пригніченням і частковою інактивацією дріжджових клітин.

Оскільки дана культура дріжджів має важливе виробниче значення, то представляє інтерес вивчення впливу ЕМО на один із основних технологічних показників — здатність дріжджів до зброджування сусла.

Ефективність опромінення оцінювали по бродильній активності дріжджів на основі засвоєння цукрів. Динаміку процесу бродіння визначили за зміною концентрації екстрактивних речовин сусла.

Встановлено, що вміст екстрактивних речовин у зброджуваному суслі в процесі основного бродіння поступово знижувався для всіх зразків. При цьому суттєвий вплив на інтенсивність процесу мала тривалість обробки дріжджів (рис. 5).

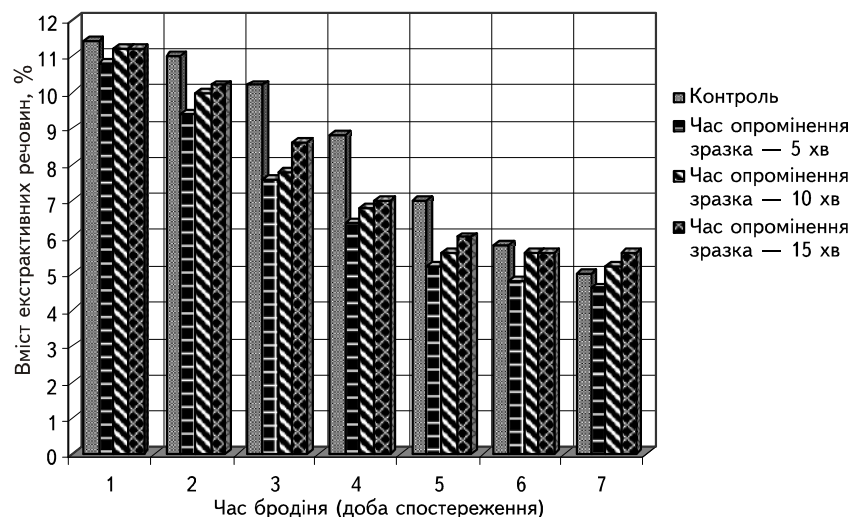


Рис. 5. Залежність зміни вмісту екстрактивних речовин в суслі від тривалості бродіння

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Зокрема, якщо для контрольного зразку зміна вмісту екстрактивних речовин на 7 добу складав 5%, то для дослідних зразків ця зміна була досягнута вже на 5 добу.

Результати розрахунку ступеню зброджування наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Ступінь зброджування дріжджової культури *Saccharomyces cerevisia* ep.11

Найменування	Тривалість опромінення, хв	Ступінь зброджування, %
Контрольний зразок	0	58,3
Дослідний зв'язок	5	61,4
	10	58,7
	15	54,7

Найбільшу ступінь зброджування (61,4 %) в порівнянні з контролем спостерігали для клітин, що були опромінені ЕМО впродовж 5 хв.

Результати проведених досліджень свідчать, що електромагнітна дія на дріжджові клітини істотно впливає на процес бродіння. Слід зазначити, що інтенсивність бродіння пивного сусла була досягнута при певній тривалості обробки дріжджової культури. Так, залежно від експозиції бродильна активність дріжджів була різною, що відбито в показниках ступеня зброджування. Кращі результати отримані при тривалості опромінення — 5 хв.

Висновки. На підставі отриманих результатів встановлено вплив ЕМО на клітини дріжджів *Sacch. Cerevisiae* Saflager W 34/70, інтенсивність якого визначається тривалістю опромінювання і виявляється на фізіологічному рівні.

Усі результати досліджень свідчать про те, що ЕМО до певної міри здатне стимулювати внутрішньоклітинні процеси, які ведуть до зростання швидкості поділу організмів та відповідно до зростання показників питомої швидкості росту та розмірів клітин.

Впровадження запропонованого оброблення дріжджових клітин *Sacch. cerevisiae* Saflager W 34/70 дозволяє :

- скоротити тривалість процесу бродіння з 7 до 5 діб (на 30%) і відповідно збільшити продуктивність підприємства;
- зменшити енерговитрати у виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Домарецький В.А. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв рослинної сировини: підручник / В.Л. Прибильський, Н.П. Михайлов. : за редакцією В.А.Домарецького / Підручник. — Вінниця: Нова книга, 2005. — 408с.
2. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива / Домарецький В.А. — К. : Фірма «ІНКОС», 2003. — 424 с.
3. Кунце В.Технология солода и пива: /Кунце В., Мит Г. / За редакцією Кунце В. Підручник. Пер. з нім. — СМб.: «Изд-во», 2003. — 912 с.
4. Применение новых хроматографических методов в исследовании пива / С.А. Савчук, К.В.Кобелев // Пиво и напитки. — 2003. — №1. — С. 15 — 20

Исследовано влияние рентгеновского облучения на биологическую активность дрожжевых клеток — *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70, используемых в пивоварении. Были выявлены позитивные изменения физико-химических показателей сусла и биохимического состава пива. Исследования доказывают, что электромагнитные излучения стимулируют биологические процессы в дрожжевой клетке и в результате процесс збраживания сокращается до 2-х суток.

Ключевые слова: електромагнітне излучение, рентгеновские лучи, дрожжи, биологическая среда, пиво.

**Z. Romanova, V. Prybyl'skyi, M. Bondar,
M. Romanov, D. Karputina**

Optimization of the process of fermentation of beer wort x-rays

The effect of X-ray irradiation on the biological activity of the yeast cells — *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34/70, used in brewing. Were found positive changes in physical characteristics and chemical composition of the wort of beer. Studies have argued that electromagnetic radiation stimulates biological processes in yeast cells and as a result of the fermentation process is shortened to 2 days. All experimental results indicate that ECMO to a certain extent capable of stimulating intracellular processes, leading to an increase in the rate of division of organisms and thus to an increase in rates of specific growth rate and cell size.

Key words: electromagnetic radiation, X-rays, yeast, biological environment, beer.

Одержана редколлегією 05.11.2011 р.

О.П. ЛОБОК, канд. фіз.-мат. наук,
 Б.М. ГОНЧАРЕНКО, д-р техн. наук,
 Д.О. БАРКАР, магістр
 Національний університет харчових технологій

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДХОДІВ ЛІНІЙНОЇ ТЕОРІЇ ПРИ СИНТЕЗІ КЕРУВАННЯ ДЛЯ СИСТЕМ З ЗАПІЗНЮВАННЯМ

При синтезі оптимального керування розглянута задача переходу від виду математичної моделі системи керування з запізнюванням до такої ж без запізнювання. Показане застосування векторно-матричного представлення моделі об'єкта та зведення її до узагальненої системи з розширеним вектором стану, що не містить запізнювання. Показане модифікування виразу критерію оптимальної якості керування до форми, що містить математичне сподівання.

Ключові слова: синтез керування, запізнювання, канал керування, передатна функція, збурення, ректифікаційна колона, вектор стану, узагальнений стан.

Аналітичне конструювання систем керування різних типів в тому числі оптимальних аналогових або дискретних (синтез керування) обмежувалося до недавня можливістьями їх практичної реалізації. Змістом синтезу керування є сумісне розв'язання рівнянь (математичних моделей) системи, об'єкта та критерію якості керування з орієнтацією на бажаний результат. Відомі розв'язки задач синтезу керування [1, 2, 4] для лінійних систем. Наявність нелінійностей або запізнювання в об'єктах чи в каналах керування суттєво ускладнює синтез, хоч і є відомі розв'язки для деяких часткових умов [2], коли реальне транспортне запізнювання в каналі керування заміщується на перехідне.

Широке розповсюдження комп'ютерної та мікропроцесорної техніки в галузі автоматизації знімає обмеження на реалізацію синтезованих керувань, але проблема наявності і впливу запізнювання може ускладнювати розв'язання задач синтезу.

Тут показано на частковому прикладі керування ректифікаційною колоною (РК), як за допомогою відомого прийому розкладання виразу математичного опису РК як багатовимірного об'єкта в ряд Тейлора усунути вплив запізнювання в об'єкті керування та перейти до еквівалентного

математичного опису без запізнювання, щоб суттєво спростити і полегшити аналітичні розв'язки при проектуванні керування.

Ректифікаційна колона (РК), в браго-ректифікаційній установці відділяє воду та хвостові домішки, концентрує у верхній частині етиловий спирт та забезпечує отримання спирту-ректифікату потрібної якості.

РК — є складним багатовимірним об'єктом регулювання та має велику кількість сильних перехресних зв'язків [3].

На рис. 1 зображена параметрична схема РК, де вхідні величини це — G — витрата охолоджувальної води, D — відбір спирту-ректифікату з РК, F — витрата бражки, V — витрата пари; вихідні величини: $\Theta_{отх}$ — температура охолоджувальної води, $\Theta_{кт}$ — температура на контрольній тарілці, Θ_n — температура внизу колони, P_v , P_n — тиск вверху та внизу

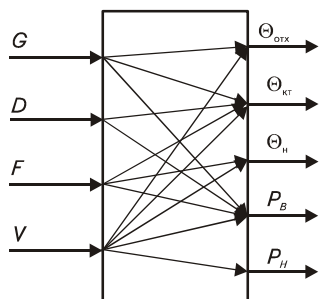


Рис. 1. Основні взаємозв'язки вхідних та вихідних величин РК

колони. На основі параметричної схеми отримано динамічну модель ректифікаційної колони, структурна схема та передатні функції якої представлені на рис. 2.

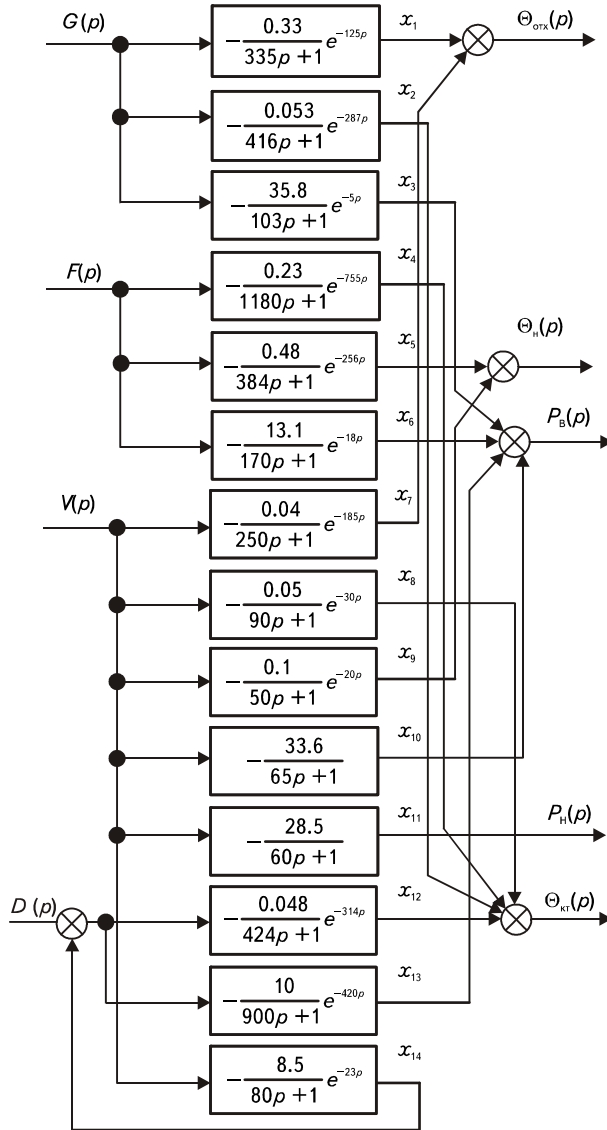


Рис.2. Структурна схема математичної моделі РК

Числові значення коефіцієнтів передатних функцій відповідають колоні, продуктивністю 6000 дал на добу.

Система диференціальних рівнянь математичної моделі РК може бути отримана за допомогою зворотного перетворення Лапласа передатних функцій структури моделі РК. Наприклад, перший блок структурної схеми в часовій області може бути описаний першим диференціальним рівнянням системи (1).

Аналогічно можна отримати рівняння динаміки кожного блоку схеми. В результаті прийдемо до наступної системи звичайних диференціальних рівнянь з запізнюванням в аргументі, ХАРЧОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ № 13, 2012

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

яка описує РК як багатовимірний об'єкт, що досліджується:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = -\frac{1}{335} x_1(t - \tau_1) - \frac{0.33}{335} G(t - 125), \\ \frac{dx_2}{dt} = -\frac{1}{416} x_2(t - \tau_2) - \frac{0.053}{416} G(t - 287), \\ \dots \\ \frac{dx_{12}}{dt} = -\frac{1}{424} x_{12}(t - \tau_{12}) + \frac{0.048}{424} D(t - 314) + \frac{0.048}{424} x_{14}(t - \tau_{14}), \\ \frac{dx_{13}}{dt} = -\frac{1}{900} x_{13}(t - \tau_{13}) + \frac{10}{900} D(t - 420) + \frac{10}{900} x_{14}(t - \tau_{14}), \\ \frac{dx_{14}}{dt} = -\frac{1}{80} x_{14}(t - \tau_{14}) + \frac{8.5}{80} F(t - 30). \end{array} \right. \quad (1)$$

Для зручності аналізу системи (1) введемо наступні позначення:
коефіцієнтів при x ;

$$\begin{array}{l} a_1 = -\frac{1}{335}, \quad a_2 = -\frac{1}{416}, \quad a_3 = -\frac{1}{103}, \quad a_4 = -\frac{1}{1180}, \\ \dots \\ a_{13} = -\frac{1}{900}, \quad a_{14} = -\frac{1}{80}, \quad a_{15} = -\frac{0.048}{424}, \quad a_{16} = -\frac{10}{900}; \end{array}$$

запізнювань в керуванні:

$$\begin{array}{l} s_1 = 125, \quad s_2 = 287, \quad s_3 = 5, \quad s_4 = 755, \quad s_5 = 256, \quad s_6 = 18, \quad s_7 = 185, \\ s_8 = 30, \quad s_9 = 20, \quad s_{10} = 0, \quad s_{11} = 0, \quad s_{12} = 314, \quad s_{13} = 420, \quad s_{14} = 30; \end{array}$$

коефіцієнтів при керуванні:

$$\begin{array}{l} b_1 = -\frac{0.33}{335}, \quad b_2 = \frac{0.053}{416}, \quad b_3 = -\frac{35.8}{103}, \quad b_4 = -\frac{0.23}{1180}, \quad b_5 = -\frac{0.48}{384}, \\ \dots \\ b_{12} = \frac{0.048}{424}, \quad b_{13} = \frac{10}{900}, \quad b_{14} = \frac{8.5}{80}; \end{array}$$

керувань: $u_1 = G$, $u_2 = F$, $u_3 = V$, $u_4 = D$;

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_{14} \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{pmatrix}.$$

З врахуванням цих позначень система (1) набуває вигляду:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_1 x_1(t - \tau_1) + b_1 u_1(t - s_1), \\ \frac{dx_2}{dt} = a_2 x_2(t - \tau_2) + b_2 u_1(t - s_2), \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dx_{12}}{dt} = a_{12} x_{12}(t - \tau_{12}) + a_{15} x_{14}(t - \tau_{14}) + b_{12} u_4(t - s_{12}), \\ \frac{dx_{13}}{dt} = a_{13} x_{13}(t - \tau_{13}) + a_{16} x_{14}(t - \tau_{14}) + b_{13} u_4(t - s_{13}), \\ \frac{dx_{14}}{dt} = a_{14} x_{14}(t - \tau_{14}) + b_{14} u_2(t - s_{14}). \end{cases} \quad (2)$$

Для приведення отриманої системи до векторно-матричної форми введемо наступні позначення:

$$C_a = \begin{pmatrix} a_1 x_1(t - \tau_1) \\ a_2 x_2(t - \tau_2) \\ a_3 x_3(t - \tau_3) \\ \dots\dots\dots \\ a_{11} x_{11}(t - \tau_{11}) \\ a_{12} x_{12}(t - \tau_{12}) + a_{15} x_{14}(t - \tau_{14}) \\ a_{13} x_{13}(t - \tau_{13}) \\ a_{14} x_{14}(t - \tau_{14}) \end{pmatrix}, \quad C_b = \begin{pmatrix} b_1 u_1(t - s_1) \\ b_2 u_1(t - s_2) \\ b_3 u_1(t - s_3) \\ \dots\dots\dots \\ b_8 u_3(t - s_8) \\ b_{12} u_4(t - s_{12}) \\ b_{13} u_4(t - s_{13}) \\ b_{14} u_2(t - s_{14}) \end{pmatrix}.$$

Можна довести, що вектор C_a дорівнює наступному:

$$C_a = A_1 x(t - \tau_1) + A_2 x(t - \tau_2) + \dots + A_{13} x(t - \tau_{13}) + A_{14} x(t - \tau_{14}) = \sum_{k=1}^{14} A_k x(t - \tau_k), \quad (3)$$

де $A_k, k = 1, 2, \dots, 13$ — матриці розмірності 14×14 виду

$$A_k = \begin{pmatrix} 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & a_k & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

в яких a_k — k -й діагональний елемент,

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

$$A_{14} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & a_{15} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & a_{16} \\ 0 & 0 & \dots & 0 & a_{14} \end{pmatrix}, \quad x(t - \tau_k) = \begin{pmatrix} x_1(t - \tau_k) \\ x_2(t - \tau_k) \\ \dots \\ x_{14}(t - \tau_k) \end{pmatrix}.$$

Аналогічно можна показати, що

$$C_b = B_1 u(t - s_1) + B_2 u(t - s_2) + \dots + B_{14} u(t - s_{14}) = \sum_{k=1}^{14} B_k u(t - s_k), \quad (4)$$

де B_k — матриці розмірності 14×14 , причому

$$B_k = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad k = 1, 2, 3; \quad B_k = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_k & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad k = 4, 5, 6;$$

$$B_k = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad k = 7, 8, 9, 10, 11; \quad B_k = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_k \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad k = 12, 13;$$

$$B_{14} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{14} & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Зауважимо, що елементи b_k знаходяться (належать) в k -му рядку відповідної матриці B_k , $k = 1, 2, \dots, 13$.

Враховуючи (3) та (4), систему (2) можна записати у векторно-матричному вигляді як

$$\frac{dx(t)}{dt} = C_a + C_b = \sum_{k=1}^{14} A_k x(t - \tau_k) + \sum_{k=1}^{14} B_k u(t - s_k), \quad (5)$$

$$x(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \dots \\ x_{14}(t) \end{pmatrix}, \quad u(t) = \begin{pmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ u_3(t) \\ u_4(t) \end{pmatrix}.$$

Так як дана система є досить складною, що пов'язано з наявністю запізнювання як в координатах вектора стану, так і в координатах вектора керування, спростимо систему за рахунок зведення її до системи без запізнювання. Для цього використаємо розкладання в ряд Тейлора вектор-функцій $x(t - \tau_k)$ і $u(t - s_k)$. В результаті одержимо

$$x(t - \tau_k) = x(t) - \tau_k \dot{x}(t) + o(\tau_k), \quad (6)$$

$$u(t - s_k) = u(t) - s_k \dot{u}(t) + o(s_k), \quad (7)$$

де $o(\tau_k)$ та $o(s_k)$ — величини більш високого порядку малості ніж τ_k та s_k відповідно.

Враховуючи співвідношення (6) та (7), систему (5) можна записати наступним чином:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \sum_{k=1}^{14} A_k (x(t) - \tau_k \dot{x}(t)) + \sum_{k=1}^{14} B_k (u(t) - s_k \dot{u}(t)) = \\ &= \sum_{k=1}^{14} A_k x(t) - \sum_{k=1}^{14} A_k \tau_k \dot{x}(t) + \sum_{k=1}^{14} B_k u(t) - \sum_{k=1}^{14} B_k s_k \dot{u}(t), \end{aligned}$$

де $v(t) = \dot{u}(t)$.

Якщо позначити

$$F_A = \sum_{k=1}^{14} A_k, \quad F_B = \sum_{k=1}^{14} B_k, \quad G_A = \sum_{k=1}^{14} A_k \tau_k, \quad G_B = \sum_{k=1}^{14} B_k s_k,$$

то остання система може бути перетворена до наступної

$$(E + G_A) \dot{x}(t) = F_A x(t) + F_B u(t) - G_B v(t),$$

де E — одинична матриця.

Роблячи нову заміну $M = E + G_A$, останню систему можна зобразити як

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) - Hv(t),$$

де $A = M^{-1}F_A$, $B = M^{-1}F_B$, $H = M^{-1}G_B$.

Щоб позбутися запізнювання, розглянемо вектор розширеного (узагальненого) стану

системи $z(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ u(t) \end{pmatrix}$, що враховує одночасно і стан об'єкта і його керування:

$$\frac{d}{dt} z(t) = \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} x(t) \\ u(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ 0 & 0 \end{pmatrix} z(t) + \begin{pmatrix} -H \\ E \end{pmatrix} v(t),$$

або

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

$$\frac{d}{dt} z(t) = \bar{A}z(t) + \bar{B}v(t), \quad (8)$$

де

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} A & B \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \bar{B} = \begin{pmatrix} -H \\ E \end{pmatrix}.$$

Рівняння (8) відносно вектора узагальненого стану об'єкта $z(t)$ не містить запізнювання і може використовуватися при аналітичному конструюванні керувань (регуляторів) за відповідними методиками лінійної теорії.

В задачах оптимального керування часто розглядається інтегрально-квадратичний критерій якості оптимального керування:

$$I(u) = \int_{t_0}^T [x^T(t)Px(t) + u^T(t)Qu(t)] dt + x^T(T)P_T x(T), \quad (9)$$

де P , Q , P_T — задані симетричні додатнєвизначені вагові матриці.

Використовуючи вектор узагальненого стану $z(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ u(t) \end{pmatrix}$, підінтегральний вираз критерію можна представити у вигляді

$$x^T(t)Px(t) + u^T(t)Qu(t) = \begin{pmatrix} x^T(t) & u^T(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P & 0 \\ 0 & Q \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(t) \\ u(t) \end{pmatrix} = z^T(t)P_t z(t),$$

а другий доданок критерію можна перетворити до вигляду

$$x^T(T)P_T x(T) = \begin{pmatrix} x^T(T) & u^T(T) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_T & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(T) \\ u(T) \end{pmatrix} = z^T(T)\bar{P}z(T).$$

Тоді інтегральний квадратичний критерій (9) запишеться наступним чином

$$I(u) = \int_{t_0}^T z^T(t)P_t z(t) dt + z^T(T)\bar{P}z(T).$$

Враховуючи, що система керування функціонує в умовах певних зовнішніх збурень, а також те, що система (8) була одержана в ході деяких спрощувальних припущень, запишемо її у вигляді

$$\frac{d}{dt} z(t) = \bar{A}z(t) + \bar{B}v(t) + \xi(t),$$

де останній доданок $\xi(t)$ враховує невизначеність системи від існуючих збурень та спрощувальних припущень.

Крім того, коефіцієнти матриць \bar{A} і \bar{B} можуть мати певну невизначеність, пов'язану з спрощеннями, при розкладанні в ряд Тейлора, тому результуюча система може бути представлена у вигляді стохастичної системи з адитивними ($\xi(t)$) та мультиплікативними ($w(t)$) збуреннями

$$\frac{dz(t)}{dt} = \left(\bar{A}(t) + \sum_{i=1}^k \Theta_i(t)w_i(t) \right) z(t) + \left(\bar{B}(t) + \sum_{i=1}^k \Psi_i(t)w_i(t) \right) v(t) + \xi(t), \quad (10)$$

де $w_i(t)$ — стохастичний вінерівський процес [5], $(\Theta(t))$, $(\Psi(t))$ — відомі матриці, які визначають степінь збурення коефіцієнтів матриць $\bar{A}(t)$ та $\bar{B}(t)$ системи управління.

Оскільки тепер вектор стану $z(t)$ — стохастичний процес, критерій якості теж має мати

стохастичну форму і тому його відповідно необхідно видозмінити. Використаємо, наприклад, таку форму критерію, яка містить математичне сподівання

$$I(u) = M \left\{ \int_{t_0}^T [z^T(t)P(t)z(t) + v^T(t)Q(t)v(t)] dt + z^T(T)P_T z(T) \right\}, \quad (11)$$

де $P(t)$, $Q(t)$, P_T — задані симетричні додатньовизначені вагові матриці.

Розв'язавши задачу аналітичного конструювання оптимального регулятора [4] для узагальненої стохастичної моделі об'єкта (10) з критерієм оптимальності (11), можна одержати вираз оптимального керування, яке в свою чергу зреалізовується на засобах мікропроцесорної техніки у вигляді програми і може відносно просто застосовуватися в системі оптимального автоматичного керування РК в реальній системі автоматизації.

Висновок. Представлення аналітичної моделі об'єкта керування з запізнюванням у векторно-матричному вигляді дозволяє після розкладання в ряд Тейлора її вектор-функції стану та керування одержати модель з розширеним вектором стану об'єкта у вигляді стохастичної системи з адитивними та мультиплікативними збуреннями та синтезоване керування ним без запізнювання і залишитися при цьому у рамках лінійної теорії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Луцька Н.М. Керованість та спостережуваність технологічного об'єкта управління // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2010. — № 1/5. — С.43.
2. Гончаренко Б.М. Синтез оптимальних регуляторів для динамічного об'єкта другого порядку / Гончаренко Б.М., Лобок О.П. / Харчова промисловість. — 2008. — №7.
3. Цыганков П.С. Брагоректификационные установки / Цыганков П.С. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 352 с.
4. Сейдж Э.П. Оптимальное управление системами / Э.П. Сейдж, Ч.С. Уайт. — М.: Радио и связь, 1982. — 392 с.
5. Пугачев В.С. Стохастические дифференциальные системы / В.С. Пугачев, И.И. Сеницын — М.: Наука, 1985. — 560 с.

При синтезе оптимального управления рассмотрена задача перехода от вида математической модели системы управления с запаздыванием к такой же без запаздывания. Показано применение векторно-матричного представления модели объекта и сведение её к обобщенному вектору расширенного состояния. Показана модификация выражения критерия оптимального качества управления в форму, которая содержит математическое ожидание.

Ключевые слова: синтез управления, запаздывание, канал управления, передаточная функция, возмущение, ректификационная колонна, вектор состояния, обобщенное состояние.

O. Lobok, B. Goncharenko, D. Barkar

Approaches in the synthesis of linear control theory for systems with delay

At the synthesis of optimum management the task of transition from the form of mathematical model of control system is considered with a delay to the same without a delay. Were shown the using of vectorial-matrix presentations of model of object and taking of it to the generalized system with the extended vector of the state, which does not contain a delay, but takes into account simultaneously the state of management object and actually management by it. Modification of expression of criterion of optimum quality of management is shown to the form which contains the expected value with the purpose of the use in stochastic control system for the account of additive and multiplicative indignations from existing in the stochastic system of disturbance.

Key words: synthesis of control, delay, channel of management, the transfer function, disturbance, fractionator, state vector, generalized state.

Одержано редколлегією 01.12.2011 р.

С.В. ТОКАРЧУК, канд. техн. наук,
О.М. ГАВВА, д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНОШУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАР ПОРШНЕВОГО ДОЗАТОРА НА ТОЧНІСТЬ ДОЗУВАННЯ В'ЯЗКИХ ТА ПЛАСТИЧНИХ ПРОДУКТІВ

Виконано дослідження впливу на величину систематичної похибки дозування зношування обертальних та поступальних елементів кінематичних пар виконавчих механізмів поршневого дозатора. Використання отриманої методики дасть змогу враховувати кінетику зношування контактуючих елементів під час проектних розрахунків та за потреби впливати на величину систематичної похибки дозування.

Ключові слова: зношування, дозатор, точність дозування, систематична похибка, кінематична пара.

Точність дозування — одна з найважливіших характеристик роботоздатності будь-якого дозувального пристрою, яка, в свою чергу, залежить від певних параметрів та може змінюватись за рядом причин. Одна з причин порушення роботоздатності дозатора — зношування деталей механізму, що контактують в агресивних харчових середовищах та стираються. В результаті зносу елементів кінематичних пар не лише знижується міцність деталей і точність вихідних параметрів механізму, але і підвищуються навантаження на його складові, збільшуються вібрація і шум.

Згідно теорії зношування, що підтверджено рядом дослідних даних, для контактуючих поверхонь елементів кінематичних пар машин [1, 2] швидкість зношування (зношування за одиницю часу) можна визначити за формулою:

$$\gamma = \frac{d\delta}{dt} \approx k \cdot p \cdot v_k, \quad (1)$$

де δ — величина зносу матеріалу в заданій точці у напрямку нормальному до поверхні тертя; k — коефіцієнт зношування, який визначається дослідним шляхом при середніх значеннях тиску і швидкості ковзання; p — питомий тиск в досліджуваній точці; v_k — швидкість ковзання (відносна швидкість елементів кінематичної пари).

У проектних розрахунках коефіцієнт зносу k доцільно визначити користуючись даними щодо інтенсивності зношування:

$$l = \frac{d\delta}{dS}, \quad (2)$$

де інтенсивність зношування — зношування, що припадає на одиницю площі по якій відбувається тертя.

Відповідно, величини γ і l пов'язані між собою співвідношенням:

$$\gamma = l \cdot v_k. \quad (3)$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Знаючи режим роботи за виразами (1) і (3) стає можливим визначити коефіцієнт зносу k . Величину зносу за час роботи t_p у загальному випадку (при змінних ρ і v_k) визначають за виразом [1, 2]:

$$\delta = k \int_0^{t_p} \rho v_k dt. \quad (4)$$

Для зручності розрахунку в механізмах з одним ступенем вільності вираз (4) доречно перетворити, ввівши узагальнену координату φ і узагальнену швидкість $\omega = d\varphi/dt$. Тоді величина зносу за один цикл роботи, для якого $\varphi = \varphi_u$:

$$\delta_u = k \int_0^{\varphi_u} \rho \frac{v_k}{\omega} d\varphi, \quad (5)$$

де $v_k / \omega = ds / d\varphi = f(\varphi)$ — аналог швидкості ковзання (передаточна функція) в даній точці елементу кінематичної пари.

Якщо число циклів роботи механізму n_u відомо, то величина зносу складатиме:

$$\delta = \delta_u \cdot n_u. \quad (6)$$

У роботі [3] відмічено, що на точність дозування може впливати безліч чинників, таких як ступінь заповнення бункера, нерівномірність подачі продукту в дозуючий механізм, зміна властивостей продукту в процесі дозування під впливом зовнішніх чинників, неточність виготовлення і складання дозатора, деформації ланок і зміна швидкості вхідної ланки. Різниця в кінематичних параметрах і позиціюванні веденої ланки обумовлена в основному технологічними неточностями розмірів, форми взаємного розташування елементів кінематичних пар і ланок, тобто первинними похибками, експлуатаційними похибками, динамічними похибками, а також структурними похибками. При цьому не враховано впливу на величину зазорів в кінематичних парах, а відповідно і на точність дозування, величини зносу контактуючих елементів.

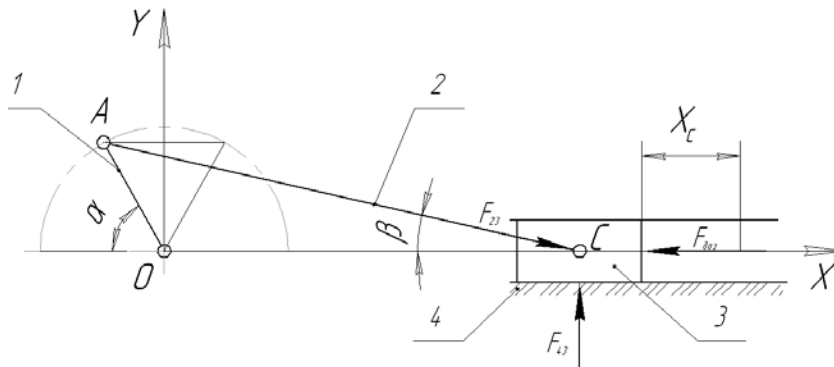


Рис.1. Схема навантаження поршневого дозатора для в'язких та пластичних харчових продуктів:

1 — коромисло; 2 — шатун; 3 — поршень (повзун); 4 — нерухомі напрямні;
 F_{23} — зусилля від ланки 2 на ланку 3; F_{43} — зусилля від ланки 4 на ланку 3;
 $F_{доз}$ — зусилля корисного опору; а, б — кути при вершинах відповідних ланок;
 X_c — переміщення веденої ланки механізму

Практичне застосування методики визначення похибки дозування з урахуванням зношування контактуючих елементів розглянемо на прикладі конструктивної схеми поршневого дозатора (рис. 1). Визначимо величину систематичної похибки під час дозування, прийнявши припу-

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

щення про незалежність дії первинних похибок. У відповідності з методикою наведеною у [3] загальна похибка положення веденого елемента механізму визначатиметься за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta X_c &= (\Delta X_c)_a + (\Delta X_c)_b + (\Delta X_c)_\alpha + (\Delta X_c)_\beta = \\ &= \pm \sin \alpha \cdot \Delta a + \cos \beta \cdot \Delta b \pm a \cdot \cos \alpha \cdot \Delta \alpha - b \cdot \sin \beta \cdot \Delta \beta, \end{aligned} \quad (7)$$

де $(\Delta X_c)_a$ — похибка переміщення від неточності виконання довжини коромисла a ; $(\Delta X_c)_b$ — похибка від неточності виконання довжини шатуна b ; $(\Delta X_c)_\alpha$ — похибка від положення кута α коромисла a ; $(\Delta X_c)_\beta$ — похибка від положення кута β шатуна b ; Δa — похибка довжини коромисла; Δb — похибка довжини шатуна; $\Delta \alpha$, $\Delta \beta$ — похибки положення коромисла і шатуна зумовлені граничними відхиленнями у посадках кінематичних пар.

З урахуванням зношування кінематичних пар виконавчого механізму дозувального пристрою вираз (7) набуде вигляду:

$$\begin{aligned} \Delta X_c &= (\Delta X_c)_a + (\Delta X_c)_b + (\Delta X_c)_\alpha + (\Delta X_c)_\beta = \\ &= \pm \sin \alpha \cdot \Delta a + \cos \beta \cdot \Delta b \pm a \cdot \cos \alpha \cdot (\Delta \alpha + \Delta \alpha') - \\ &\quad - b \cdot \sin \beta \cdot (\Delta \beta + \Delta \beta'), \end{aligned} \quad (8)$$

де $\Delta \alpha'$, $\Delta \beta'$ — похибки положення коромисла і шатуна зумовлені поступовим зношенням елементів кінематичних пар.

Наведемо методику визначення величини похибок положення коромисла і шатуна які зумовлені поступовим зношенням елементів кінематичних пар на прикладі поршневого дозатора (рис. 1). Розглянемо робочий рух поршня (повзуна) коли його навантажено силою корисного опору $F_{\text{доз}}$. Силами тяжіння та інерції ланок через їх незначні значення в порівнянні з силами опору та руху знехтуємо. На першому етапі визначимо величину зносу у оберտальній кінематичній парі 2 – 3 (шатун-повзун).

Під час робочого ходу повзуна кутова координата коромисла змінюється в межах від π до 0. З плану сил (рис. 2), що прикладені до ланки 3, визначимо зусилля які виникають у кінематичних парах:

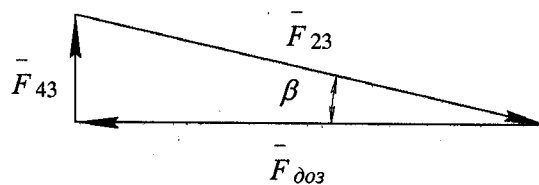


Рис. 2. План сил, що діють на поршень

$$\bar{F}_{23} = \frac{\bar{F}_{\text{доз}}}{\cos \beta}; \quad (9)$$

$$\bar{F}_{43} = \bar{F}_{\text{доз}} \cdot \text{tg} \beta. \quad (10)$$

Кут β визначається із співвідношення:

$$\sin \beta = \lambda \cdot \sin \alpha, \quad (11)$$

де $\lambda = l_1 / l_2$ — співвідношення довжин коромисла 2 та шатуна 3 (рис. 1).

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Тиск на поверхню тертя обертальної пари 2 – 3 у точках з деякою координатою Δ для положення механізму яке визначається кутом розташування коромисла α визначається за допомогою виразу [4]:

$$p = \frac{2 \cdot F_{\text{доз}}}{\pi \cdot B \cdot r} \cos \Delta, \quad (12)$$

де $F_{\text{доз}}$ — зусилля, що діє на поверхню контакту, B — ширина цапфи, r — радіус цапфи.
Перетворивши вираз (12) із врахуванням (9) та (11) отримаємо:

$$p = \frac{2 \cdot F_{\text{доз}} \cdot \cos \Delta}{\pi \cdot B \cdot r \cdot \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha}} = p(\alpha), \quad (13)$$

де Δ — кут між векторами $\vec{F}_{23} = -\vec{F}_{32}$ та радіус-вектором точки в якій визначається величина зносу втулки δ_B (рис. 3).

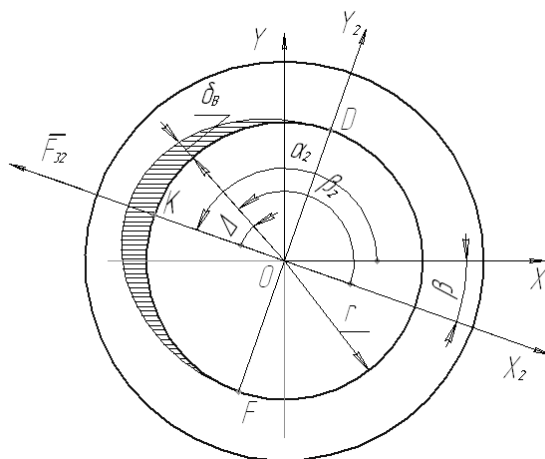


Рис. 3. Схема зношування втулки, що входить до складу обертальної кінематичної пари С (рис.1):
 δ_B — величина зносу втулки; α_2 — кут між віссю OX та вектором дії зусилля що діє на контактуючі поверхні;
 β_2 — кут між віссю OX_2 та радіус-вектором точки в якій визначається величина зносу втулки δ_B .

Кут Δ для втулки можна визначити із виразу:

$$\Delta = \alpha_2 - (\beta_2 - \beta) = 180^\circ - \beta_2, \quad (14)$$

де β_2 — кутова координата досліджуваної точки відносно вісі X_2 , яка є нерухомою відносно ланки 2.

Для цапфи (рис. 4):

$$\Delta = \alpha_3 - (\beta_3 - \beta) = 180^\circ - \beta_3, \quad (15)$$

де β_3 — кутова координата досліджуваної точки відносно вісі X_3 .

Швидкість ковзання поверхні цапфи 3 відносно досліджуваної точки поверхні втулки визначимо виходячи з того, що для будь-якої точки контактуючих поверхонь радіусом r швидкість ковзання $v_k = |\omega_{23}| \cdot r = |\omega_2| \cdot r$, оскільки кутова швидкість повзуна $\omega_3 = 0$.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

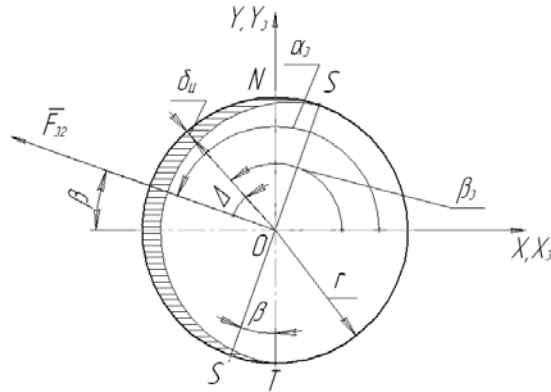


Рис. 4. Схема зношування цапфи, що входить до складу обертальної кінематичної пари С (рис. 1): δ_u — величина зносу цапфи; α_3 — кут між віссю OX_1 та вектором дії зусилля що діє на контактуючих поверхнях; β_3 — кут між віссю OX_2 та радіус-вектором точки в якій визначається величина зношування цапфи δ_u

З кінематичного аналізу досліджуваного дозувального механізму:

$$\omega_2 = \frac{\lambda \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} \cdot \omega_1, \quad (16)$$

де ω_1, ω_2 — кутові швидкості коромисла та шатуна.
Відповідно:

$$\frac{v_k}{\omega_1} = \frac{\lambda \cdot |\cos \alpha| \cdot r}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha}} = \frac{v_k}{\omega_1}(\alpha). \quad (17)$$

Величина зносу δ_B поверхні втулки 2 з кутовою координатою β_2 за цикл роботи механізму (у досліджуваному випадку за час повороту куліси на кут від π до 0°) визначимо за виразом (5) з урахуванням (13), (14), (17):

$$\delta_B = \frac{2 \cdot k_B \cdot F_{\text{доз}}}{\pi \cdot B} |\cos \beta_2| \int_{\pi}^0 \frac{|\cos \alpha| d\alpha}{\sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \alpha}} = C \cdot |\cos \beta_2|, \quad (18)$$

де k_B — коефіцієнт зносу втулки, C — константа.

Отже, в даному випадку закон розподілу зносу по поверхні втулки є косинусоїдальним. Інтеграл у виразі (18) можна визначити чисельними методами або графічно. Епюра розподілу зносу по поверхні втулки показана на рис. 3, у точках D та F $\delta_B = 0$, в точці K $\delta_B = \delta_{B \text{ max}}$.

Якщо сила $F_{\text{доз}}$ змінна, то закон розподілу зносу можна отримати, знаючи функцію $F_{\text{доз}} = F_{\text{доз}}(\alpha)$.

Знос цапфи на ділянці ST (рис. 4) за цикл роботи механізму за час повороту куліси на кут від π до 0° у відповідності з виразом (5):

$$\delta_u = k_u \int_{\pi}^0 \rho \frac{v_k}{\omega} d\alpha, \quad (19)$$

де k_u — коефіцієнт зносу цапфи.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

При цьому спрацювання цапфи 3 на ділянці TS' відбувається лише на початку та при закінченні руху ланок механізму.

Отже з врахуванням вище наведеного величина похибки положення шатуна зумовлена поступовим зношенням елементів кінематичних пар визначається як:

$$\Delta\beta' = \delta_B + \delta_C. \quad (20)$$

Використовуючи приведену методику за аналогічним алгоритмом визначається і величина похибки положення коромисла $\Delta\alpha'$ зумовлена поступовим зношенням елементів кінематичних пар.

Ще одним з чинників який впливає на точність роботи дозатора є поступове зношення гнучкого ущільнення яке розташовано на зовнішній поверхні поршневого робочого органу. Відповідно визначимо зношення елементів поступальної пари 3 – 4, а саме зовнішньої поверхні поршня (повзуна). Нехай площа плоскої робочої поверхні ущільнення на повзуні дорівнює S_n . Тоді наближено можна прийняти що для усіх точок цієї поверхні питомий тиск визначається:

$$p = \frac{F_{43}}{S_n} = \frac{F_{\text{доз}} \operatorname{tg} \beta}{S_n} = \frac{F_{\text{доз}} \lambda \sin \varphi}{S_n \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi}}. \quad (21)$$

З кінематичного аналізу механізму швидкість ковзання нерухомої напрямної 4 відносно точок повзуна $v_k = v_3 = l_1(\sin \alpha - \cos \alpha \operatorname{tg} \beta)$, звідки з урахуванням виразу (11):

$$\frac{v_k}{\omega_1} = l_1 \sin \alpha \left(1 + \frac{\lambda \cos \alpha}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha}} \right). \quad (22)$$

Тоді величина зносу будь-якої точки ущільнення повзуна:

$$\delta_y = k_y \int_{\pi}^0 p \frac{v_k}{\omega_1} d\alpha. \quad (23)$$

Висновки. На основі виконаних аналітичних досліджень розроблена методика визначення величини зносу в різних кінематичних парах дозувального механізму. Використовуючи розроблену методику можна визначити вплив на величину систематичної похибки, яка виникає під час дозування поршневим дозатором величини зносу контактуючих елементів обертових та поступальних кінематичних пар. Інформацію щодо характеру і величини зносу елементів кінематичних пар слід використати у проектних розрахунках з метою мінімізації впливу на величину систематичної похибки зносу кінематичних пар.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Трение*, изнашивание и смазка: справ. в 2 кн. / Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. — М.: Машиностроение, 1978. — Кн.1 / [В.В. Алисин, А.Я. Алябьев, А.М. Архаров и др.] — 1978. — 400 с.
2. *Трение*, изнашивание и смазка: справ. В 2 кн. / Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. — М.: Машиностроение, 1978. — Кн. 2 / [В.В. Алисин, Б.М. Асташкевич, Э.Д. Браун и др.] — 1979. — 358 с.
3. *Токарчук С.В.* Дослідження впливу первинних похибок та зазорів на точність дозування / С.В. Токарчук, О.М. Гавва // Харчова промисловість. — № 9. — 2010. — С. 119 – 123.
4. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин / Артоболевский И.И. — М.: Наука, 1988. — 640 с.

Выполнено исследование влияния на величину систематической погрешности дозирования износа вращательных и поступательных элементов кинематических

ХАРЧОВА ПРОМИСЛІВІСТЬ № 13, 2012 ————— 113

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

пар исполнительных механизмов поршневого дозатора. Использование полученной методики даст возможность учитывать кинетику изнашивания контактирующих элементов во время проектных расчетов и, в случае необходимости, влиять на величину систематической погрешности дозирования.

Ключевые слова: изнашивание, дозатор, точность дозирования, систематическая погрешность, кинематическая пара.

S. Tokarchuk, O. Gavra

Research of influence of wear of kinematics pairs of piston metering device is on exactness of dosage of viscid and plastic foods

Research of influence on the size of systematic error of dosage of wear of rotatory and forward elements of kinematics pairs of executive mechanisms of piston metering device is executed. The use of the got methodology will give an opportunity to take into account kinetics of wear of contacting elements during project calculations and, in case of necessity, influence on the size of systematic error of dosage. Information on character and size of wear of elements of kinematics pairs it is necessary to use in the project calculations of metering devices of piston type for viscid and plastic food and unfood foods with the purpose of minimization of influence on the size of systematic error of wear of kinematics pairs.

Key words: wear, metering device, exactness of dosage, systematic error, kinematics pair.

Одержана редколлегією 14.12.2012 р.

УДК 621.87

М.В. ЯКИМЧУК, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІКИ ЛІНІЙНИХ ДВИГУНІВ В МОДУЛЯХ ПЕРЕМІЩЕННЯ УПАКОВОК

В статті розглядається можливість використання лінійних асинхронних двигунів для виконання операцій лінійних переміщень упаковок з використанням різних конструкцій захоплюючих пристроїв. Представлені математичні моделі для визначення основних кінематичних та динамічних параметрів таких конструкцій. Отримані результати можна використовувати для конструювання модулів переміщення з лінійними двигунами.

Ключові слова: лінійний двигун, вакуумний, важільний, комбінований захоплюючий пристрій.

Для реалізації зворотно-поступального руху за попередньо заданими законами та можливістю зупинки в проміжних точках ходу використовуються пневматичний привод та електричний привод з різними видами передач. Останнім часом в якості електроприводу, все частіше використовується лінійний двигун 1. Конструкція лінійних двигунів відома давно. Але з відкриттям нових технологій та матеріалів використання лінійних двигунів стало знову актуальним питанням. Порівняльну характеристику різних типів приводів включаючи систему їх керування наведено в таблиці.

Характеристика різних типів приводів

Технологія приводу	Стандартна пневматика	Приводи з ременем	Гвинт-гайка ковзання	Гвинт-гайка кочення	Лінійний двигун
Навантаження	++	+++	++	+++	++
Хід	+++	+++	++	++	+++
Швидкість	++	+++	+	++	+++
Прискорення	+	+++	+	++	+++
Точність зупинки	++	++	++	+++	+++
Шум	+	++	++	+++	+++
Жорсткість	++	++	+++	+++	+++
Ціна	+++	++	++	+++	++
Гнучкість переналагодження	++	+++	+++	+++	+++

Лінійний двигун є електричною машиною, принцип роботи якої заснований на використанні енергії бігучого магнітного поля. Якщо обмотки статора такого двигуна підключити до мережі змінного струму, то утворюється магнітне поле, вісь якого буде переміщатися вздовж повіт-

© М.В. Якимчук, 2012

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

ряного зазору зі швидкістю, пропорційною частоті напруги живлення і довжині полюсного поділу. Дане магнітне поле, перетинає провідники обмотки ротора і індукує в них ЕРС, під дією якої по обмотці починає протікати струм. Взаємодія струму ротора з магнітним полем статора призведе до появи сили, що діє, за відомим правилом Ленца, в напрямку переміщення магнітного поля. Ротор під дією такої сили почне рухатися рис. 1.

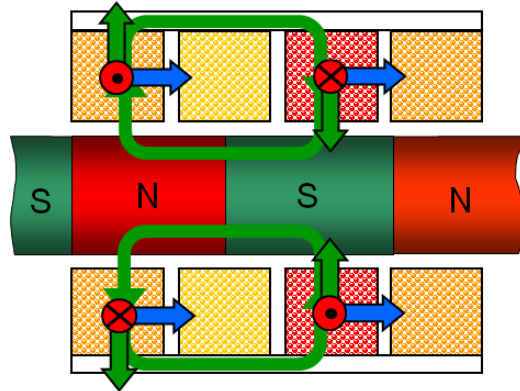


Рис. 1. Виникнення рушійної сили в лінійному двигуні за рахунок взаємодії струмів з магнітним полем

Лінійні двигуни в пакувальному обладнанні можуть забезпечити насамперед переміщення робочих органів та упаковок в горизонтальній та вертикальній площинах.

Розглянемо роботу модулів з лінійним приводом у вертикальній площині. Модуль комплектується захоплюючим пристроєм, який утримує упаковку. Вид захоплюючого пристрою залежить від розмірів упаковок, її матеріалу, ваги, виду наповнювача і т.д. Способи кріплення захоплюючого пристрою до модуля переміщення суттєво впливають на динаміку їх роботи. Найбільш вживаними захоплюючими пристроями є вакуумні, важільні, комбіновані. Розрахункові схеми модуля лінійного переміщення з кожним видом захоплюючого пристрою показано на рис. 2.

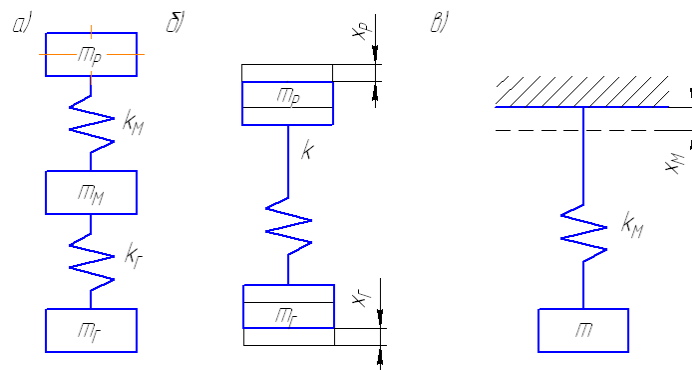


Рис. 2. Схеми лінійного модуля з а) вакуумним захоплюючим пристроєм; б) важільним захоплюючим пристроєм; в) комбінованим захоплюючим пристроєм

Першою було розглянуто схему лінійного модуля з вакуумним захоплюючим пристроєм. Її представлено у вигляді трьох масової моделі (рис. 2, а), яка складається із маси механізму

m_M , маси вантажу m_r і маси частин приводу m_p та двох пружних зв'язків, одним з яких — жорсткість конструкції механізму k_M , інший — жорсткість підвісу механізму захоплення k_r .

Другою поширеною схемою є використання важільного захоплюючого пристрою. Враховуючи жорсткість конструкції таких пристроїв та відсутність гнучких елементів в системі з'єднання, розрахункову схему було зведено до дво масової моделі (рис. 2, б), замінивши жорсткість пристрою захоплення k_r і механізму k_M приведеною жорсткістю.

$$k = k_M k_r / (k_M + k_r) \quad (1)$$

Під час процесу переміщення мас m_p і m_r кінетична і потенціальна енергії визначаються:

$$E_K = m_p \dot{x}_p^2 / 2 + m_r \dot{x}_r^2 / 2; E_{\Pi} = k (x_p - x_r)^2 / 2 \quad (2)$$

Рушійною силою під час піднімання для маси m_p , що діє в напрямку сили інерції вантажу є вага вантажу G_r та надлишкова сила приводу $F_{\text{над}}$. Для даної схеми надлишкова сила $F_{\text{над}}$ можна вважати постійною величиною:

$$F_{\text{над}} = (\psi - 1) G_r = \varphi_{\Pi} G_r \quad (3)$$

де φ_{Π} — коефіцієнт пропорційності; ψ — перевантажувальна здатність приводу.

Рівняння руху для другої системи має вигляд:

$$m_p \ddot{x}_p + k (x_p - x_r) = G_r + F_{\text{над}}; \quad (5)$$

$$m_r \ddot{x}_r - k (x_p - x_r) = -G_r \quad (6)$$

Ввівши позначення:

$$x = (x_p - x_r); m = m_p m_r / (m_p + m_r); f_K^2 = mk \quad (7)$$

отримаємо рівняння для визначення координати вантажу

$$x = -\frac{F_{\text{над}}}{k m m_p} \cos f_K t + \frac{G_r}{k} + \frac{F_{\text{над}}}{k m m_p} = \frac{G_r}{k} + \frac{F_{\text{над}}}{k m m_p} (1 - \cos f_K t) \quad (8)$$

Загальну силу дії вантажу на піднімальний пристрій знаходимо як

$$F_{\Sigma} = xk = G_r + F_{\text{над}} \frac{m_r}{m_p + m_r} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{k(m_p + m_r)t}{m_p m_r}} \right) \quad (9)$$

Величина F_{Σ} є змінною і залежить від часу t . Максимальне значення зусилля при $\cos f_K t = -1$ має вигляд

$$F_{\Sigma} = G_r + 2F_{\text{над}} \frac{m_r}{m_p + m_r} = G_r + 2\varphi_{\Pi} \frac{m_r}{m_p + m_r} \quad (10)$$

а коефіцієнт динамічності

$$K_{\text{дин}} = \frac{F_{\Sigma}}{G_r} = 1 + 2\varphi_{\Pi} \frac{m_r}{m_p + m_r} \quad (11)$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

В третій схемі розглядався підйом упаковок за допомогою комбінованих захоплюючих пристроїв. В даній схемі жорсткістю підвісу було знехтувано, так, як піддатливість мета-ло-конструкції комбінованої захоплюючої головки значно вища, а маси m_M та m_T розглядали як одну масу m . Така конструкція зводиться до одно масової моделі (рис. 2, б).

Під час переміщення маси m_M з жорсткістю k_M кінетична і потенціальна енергія розраховуються за рівнянням:

$$E_K = m_M \dot{x}_M^2 / 2; E_P = k_M x_M^2 / 2 \quad (12)$$

Рівняння руху для даного етапу має вигляд:

$$m_M \dot{x}_M + k_M x_M = F \quad (13)$$

Координата переміщення вантажу визначається як

$$x_M = y_{CT} + v \sin f_K t / f_K \quad (14)$$

де y_{CT} — прогин конструкції від статичного навантаження; v — швидкість підйому вантажу; f_K — колова частота вільних коливань ($f_K = \sqrt{k_M / (m_M + m_T)}$); t — поточний час.

Швидкість піднімання вантажу для третьої схеми визначається

$$\dot{x}_M = v \cos f_K t; \ddot{x}_M = -v f_K \sin f_K t \quad (15)$$

Динамічне навантаження, що діє на привод з боку вантажу під час підймання має вигляд,

$$F_{дин} = m_T \ddot{x}_M = -(G_T / g) v f_K \sin f_K t \quad (16)$$

Максимальне значення навантаження буде за умови, що $\sin f_K t = -1$ і визначається з рівняння

$$F_{дин} = \frac{G_T}{g} v f_K = \frac{G_T}{g} v \sqrt{\frac{k_M}{m_M + m_T}} \quad (17)$$

Повне навантаження, що діє на пристрій піднімання для третьої схеми,

$$F_{\Sigma} = G_T + F_{над} = G_T \left(1 + \frac{v}{g} \sqrt{\frac{k_M}{m_M + m_T}} \right) \quad (18)$$

Коефіцієнт динамічності знаходимо з рівняння

$$K_{дин} = \frac{G_T + F_{над}}{G_T} = \left(1 + \frac{v}{g} \sqrt{\frac{k_M}{m_M + m_T}} \right) \quad (19)$$

Враховуючи, що

$$k_M = G_T / y_{CT} = m_T g / y_{CT} \quad (20)$$

отримаємо значення $K_{дин}$ у вигляді

$$K_{дин} = 1 + v \sqrt{\frac{m_T}{g y_{CT} (m_M + m_T)}} \quad (21)$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Розглянемо процеси, які мають місце в роботі лінійного двигуна під час піднімання вантажу. Такі процеси описуються системою диференціальних рівнянь електричної і механічної рівноваги, а також рівнянням перетворень електромагнітної енергії в механічну.

Спільність фізичних явищ перехідних процесів дозволяє при виводі рівняння лінійного асинхронного двигуна взяти за основу відому систему диференціальних рівнянь двигуна обертового руху. У лінійній асинхронній машині електромеханічне перетворення енергії відбувається на ділянці, де вторинний елемент має електромагнітний зв'язок зі статором. Розглянемо вплив зміни глибини занурення вторинного елемента на параметри активної частини машини.

З умови рівності потужності при обертовому і поступальному русі можемо записати рівняння:

$$M \cdot \frac{1}{p} 2\pi f (1 - S_B) = F \cdot 2\tau \cdot f (1 - S_{\Pi}); \quad (22)$$

де S_B і S_{Π} — ковзання для обертового і поступального руху, відповідно

$$S_B = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}; \quad S_{\Pi} = \frac{v_0 - v}{v_0}; \quad (23)$$

З урахуванням рівнянь 22 та 23 запишемо математичну модель роботи лінійного асинхронного двигуна в системі координат u, v , що рухається в просторі з довільною швидкістю v_k (24):

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Psi_{u1}}{dt} &= u_{u1} - \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_S \Psi_{u1} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_S K_r \Psi_{u2} + v_k \Psi_{v1}; \\ \frac{d\Psi_{v1}}{dt} &= u_{v1} - \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_S \Psi_{v1} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_S K_r \Psi_{v2} + v_k \Psi_{u1}; \\ \frac{d\Psi_{u2}}{dt} &= -\frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_r \Psi_{u2} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_r K_s \Psi_{u1} + \frac{\pi}{\tau} (v_k - v) \Psi_{v2}; \\ \frac{d\Psi_{v2}}{dt} &= -\frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_r \Psi_{v2} + \frac{\pi}{\tau} v_0 \alpha'_r K_s \Psi_{v1} + \frac{\pi}{\tau} (v_k - v) \Psi_{u2}; \\ F &= \frac{3}{2} \frac{\pi^2 v_0 K_r}{\tau^2 \sigma X_s} K (\Psi_{u2} \Psi_{v1} - \Psi_{u1} \Psi_{v2}); \\ \frac{dv}{dt} &= (F - F_c) / m; \\ v &= dx / dt. \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Коефіцієнти системи рівнянь для пуску і гальмування визначаються параметрами двигуна та джерелом живлення в даному режимі роботи. Параметри u_{u1} , u_{v1} виражаються для ЛАД наступними рівняннями (25):

$$\left. \begin{aligned} u_{u1} &= U_m \cos \left[(v_0 - v_k) \frac{\pi}{\tau} t + \gamma \right] \\ u_{v1} &= U_m \sin \left[(v_0 - v_k) \frac{\pi}{\tau} t + \gamma \right] \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

де U_m — амплітуда фазної напруги; γ — фаза включення напруги.

Аналітичне рішення системи диференціальних рівнянь з метою знаходження залежності сили, швидкості, переміщення вторинного елемента, потужності та електричних струмів як функції часу можливо за умови використання обчислювальної техніки та математичних методів для системи не лінійних рівнянь.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

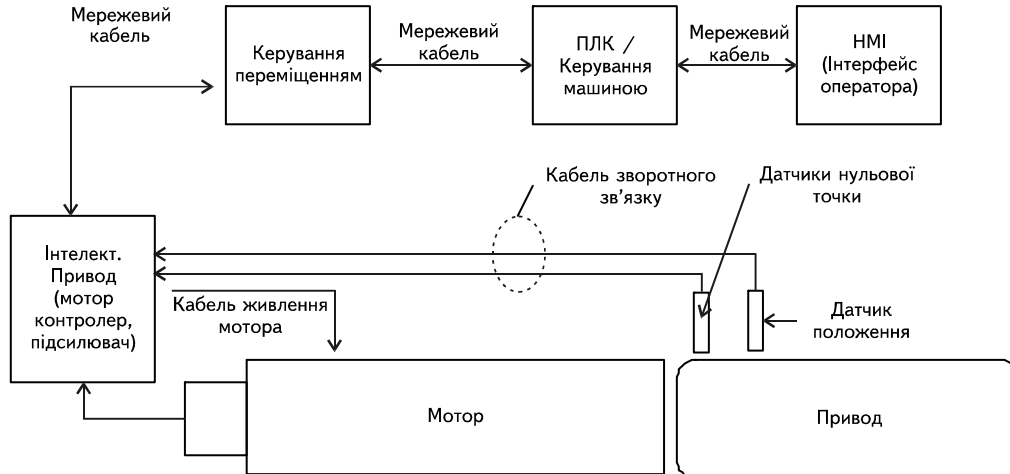


Рис. 3. Структурна схема лабораторної установки

Для дослідження роботи лінійного двигуна була розроблена та виготовлена експериментальна установка. Схема установки показана на рис. 3. Досліди склалися з кількох етапів в ході яких змінювалась маса вантажу, швидкість і прискорення. Результати експериментальних досліджень були отримані у вигляді графіків.

За даними досліджень був проведений багатofакторний експеримент та отримані критеріальні рівняння для визначення часу в процесі піднімання і опускання вантажу.

Математико-статична модель, яка адекватна процесу має вигляд

$$t = 0,643 - 0,0427a - 0,009975V - 0,094m + 0,00085aV - 0,0022am - 0,0105Vm + 0,00521aVm. \quad (26)$$

Аналіз експериментальних результатів проводився за розробленою методикою, яка складалась з трьох етапів. На першому етапі аналізу, графік закону переміщення розкладався в ряд Фур'є.

На другому етапі дослідження застосовувалось спеціальне програмне забезпечення, яке допомагало математично записувати рівняння кожної гармоніки у вигляді

$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi) + B \cos(\omega t + \varphi) + R \quad (27)$$

де A — синусоїдальна складова, B — косинусоїдальна складова, R — постійна складова, φ — фаза, t — час переміщення, ω — кутова частота, яка визначається.

На третьому етапі досліджень графічно накладались всі графіки гармонік в одних системах координат по яким проводився подальший аналіз.

Висновки. На основі аналізу гармонік переміщення можна припустити, що початок виходу системи з номінального режиму роботи починається з моменту, коли амплітуда будь-якої гармоніки стає рівною або більшою за амплітуду першої гармоніки.

Після аналізу гармонік прискорення, можна стверджувати, що прискорення є складовою характеристикою інерційних і рушійних сил. Система працює безвідмовно у випадку коли амплітуда першої гармоніки більша за амплітуду всіх інших, тобто у випадку коли рушійна сила більша сили інерції. Як тільки амплітуда будь-якої з інших гармонік стає більшою за першу, тобто відбувається збільшення інерційної складової, система керування починає реагувати на таке збурення. Відбувається спроба регулятора компенсувати дію сили інерції, що приводить до появи додаткових автоколивань. Про це свідчить збільшення величини амплітуд всіх гармонік. Накладання зовнішніх коливань із внутрішніми автоколиваннями сумуються і стають не

затухаючими. В деяких випадках вони наближуються до режиму резонансу, що приводить до аварійної зупинки системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколова Е.М. Цилиндрические линейные асинхронные двигатели / Е.М. Соколова, Ю.А. Мощинский. — М.: Изд-во МЭИ, 1998. — 26 с.
2. Расчет статических характеристик линейных асинхронных машин [Сарапулов Ф.Н., Бегапов В.А., Иваницкий С.В. Свердлов и др.] : учебное пособие. Екатеринбург: УПИ, 1992. — 100 с.

В статье рассматривается возможность использование линейных асинхронных двигателей для операций линейных перемещений упаковок с помощью различных конструкций захватывающих устройств. Представлена математическая модель для определения основных кинематических и динамических параметров таких конструкций. Полученные результаты могут быть использованы для разработки модулей перемещения с линейным двигателем.

Ключевые слова: линейный двигатель, вакуумные, рычажные, комбинированные захватывающее устройства.

M. Yakimchuk

Influence of linear motors dynamics in modules of moving packages

The article below shows the possibility of using linear asynchronous engines for linear packaging of various devices. In the article combined the most common designs of exciting devices: vacuum, transmission. There is a mathematical model for determining of basic kinematic and dynamic parameters of such constructions in the article. Equivalence of theoretical results to real verified by the experimental aggregate for the research of linear motor. Optimum modes of operation of linear actuators in lifting mechanisms are depends on the kind of exciting device and method of loading. In the article methods for the analysis of experimental plots of acceleration are developed. These methods are also applied to the harmonic graphs. Presented results can be used to develop modules of movement with linear motors.

Key words: linear motor, vacuum, lever, combined device.

Одержана редколлегією 21.12.2011 р.

В.С. ГУЦЬ, д-р техн. наук, проф.,

О.В. ЄВТУШЕНКО

Національний університет харчових технологій

ПРИЧИНИ, ДЖЕРЕЛА І ОБСТАВИНИ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ В М'ЯСНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Проаналізовано стан виробничого травматизму у м'ясній промисловості України за період 2003...2009 р. Приведені результати аналізу розподілу випадків виробничого травматизму від обладнання, устаткування, машин, механізмів, транспортних засобів, експлуатація яких призвела до нещасного випадку.

Виявлені найбільш поширені травмуючі фактори і професії | в м'ясній промисловості України.

Ключові слова: виробничий травматизм, травмуючий фактор, нещасний випадок, звіт формою Н-1, форма 7тнв.

Постановка проблеми. Проблема виробництва продуктів харчування в Україні є частиною національної безпеки і вимагає оперативного рішення. Базис продовольчого комплексу формує АПК, де важливу роль відіграє переробка сільськогосподарської сировини і виробництво якісної м'ясної продукції, яка забезпечує основну потребу людського організму в живильних речовинах. Разом з тим виробництво м'ясної продукції супроводжується травматизмом.

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...2010 роки в харчовій промисловості було травмовано 8,66 тис. осіб. Серед них загинуло 497 працівників [3, 4].

В результаті досліджень виявлено, що серед галузей АПК, які враховуються органами держстатистики, м'ясна промисловість займає друге місце по показнику частоти травматизму [3, 4].

Вивчення умов і стану охорони праці, а також потенціальних причин і обставин виробничого травматизму у м'ясопереробній галузі АПК дозволить розробити обґрунтовані і ефективні шляхи профілактики і зниження ризику травмування працівників галузі.

Метою роботи було проведення аналізу по виявленню потенціальних причин і джерел виробничого травматизму працівників м'ясопереробних підприємств АПК.

Об'єктом дослідження є умови праці робітників м'ясопереробних підприємств АПК за період 2003...2010 рр.

Дослідження проводилися із застосуванням методу експертних оцінок, аналізу статистичних даних. Обробка результатів здійснювалася за допомогою програмних пакетів ПК.

Для аналізу та оцінки стану охорони праці в м'ясній промисловості у зв'язку з неповністю статистичної інформації по галузям АПК, щодо виявлення факторів які впливають на безпеку праці доцільно буде використати метод експертних оцінок. Достовірність експертних оцінок заснована на припущенні, що у разі узгодженості дій експертів достовірність оцінок гарантується [5].

При використанні експертних оцінок припускається, що думка групи експертів надійніша за думку окремого експерта [1]. Метод колективних експертних оцінок отримав дуже велике поширення та широко використовується для передачі досвіду провідних спеціалістів практично у всіх галузях знань та виробництва [1].

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

В дослідженні приймали участь три групи експертів: представники служби охорони праці та інженерно-технічні працівники підприємств м'ясної промисловості; науково-технічні працівники вищих учбових закладів та науково-дослідних інститутів.

Загальна кількість залучених експертів — 25 осіб. Для виключення недостовірних даних забезпечувалася анонімність опитування, але були враховані дані, які характеризують вік, стаж роботи, посаду, освіту.

На основі аналізу актів за формою Н-1 та 7тнв, були розроблені анкети опитування експертів.

Дослідження санітарно-гігієнічних умов в галузі показали, що рівень загальної вібрації не відповідає вимогам на 15 % обстежених робочих місць, метеорологічні параметри не відповідають вимогам в 30 % випадків, рівень шуму — в 13 % випадків, результати вимірів штучної і природної освітленості — в 46 % випадків. Забезпеченість побутовими приміщеннями працівників не перевищує 75 %, в 48 % випадків на підприємствах відсутні душові кімнати і кімнати для відпочинку, не відповідають вимогам приміщення для прийому їжі. Обов'язкові медичні огляди в 50 % випадків проводяться не в повному об'ємі і лише формально.

За місцем де трапився нещасний випадок, найбільш травмонебезпечними є цехи основного виробництва — (58 %), цехи допоміжного виробництва — (23 %), території підприємств — (11 %); транспортні засоби — (8 %).

Проведене дослідження показує, що 85 % нещасних випадків відбувається в денні зміни. Пояснюється це зайнятістю в першу зміну на виробництві максимального числа працівників, що виконують найбільший обсяг робіт із забою худоби, обробленню туш, обвалюванню і жилувці м'яса тощо. Максимальна кількість нещасних випадків (25 % від загальної кількості) відбувається на другій та третій годині з початку денної зміни.

Розподіл випадків виробничого травматизму по видам травмуючих факторів представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Розподіл випадків виробничого травматизму по видам травмуючих факторів у м'ясній промисловості України

Травмуючий фактор	Відсоток
Травмування предметами, деталями, які рухаються, обертаються (виробниче обладнання), в тому числі устаткуванням ручної праці ножі, пили	24
Падіння з висоти, в т. ч. з висоти	11
Дорожньо-транспортні події	11
Травмування в результаті вибухів: ємностей з паливно-мастильними матеріалами, посудин під тиском, парових і водонагрівачих котлів, пожеж	9
Травмування через падіння, обвал предметів, м'ясних туш	7
Травмування заводським транспортом	5
Отруєння шкідливими і токсичними речовинами	5
Травмування елементами конвеєрів, транспортерів	5
Опіки гарячою водою та водяною парою	4
Травмування хімічними розчинами при обробці технологічного устаткування	3
Травмування в результаті обвалу будівельних конструкцій	3
Ураження електричним струмом	3
Дія іонізуючого випромінювання	1
Переохолодження	1
Інші	8

Найбільш поширеним травмуючим фактором в м'ясній промисловості є травмування робітників предметами, деталями, які рухаються, обертаються (виробниче обладнання), в тому числі устаткуванням ручної праці ножі, пили. З врахуванням травмування працівників елементами конвеєрів та транспортерів, цей фактор складає 29 % від загального числа випадків.

Близько 26 % нещасних випадків не зв'язано із застосуванням машин і устаткування: падіння, пожежі, обвалу будівельних конструкцій, вибухи ємностей з паливно-мастильними матеріалами, дія хімічних розчинів при обробці технологічного устаткування.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Дорожньо-транспортні події та травмування заводським транспортом складає 16 % від загального числа випадків виробничого травматизму.

Приблизно по 5 % випадків припадає на отруєння шкідливими і токсичними речовинами та опіки: гарячою водою, водяною парою.

Особливо травмонебезпечними видами робіт є: транспортні перевезення, навантажувально-розвантажувальні роботи, ремонт і техобслуговування машин і устаткування.

Розподіл випадків виробничого травматизму по професіям (для найбільш небезпечних професій) представлено на рис. 1.

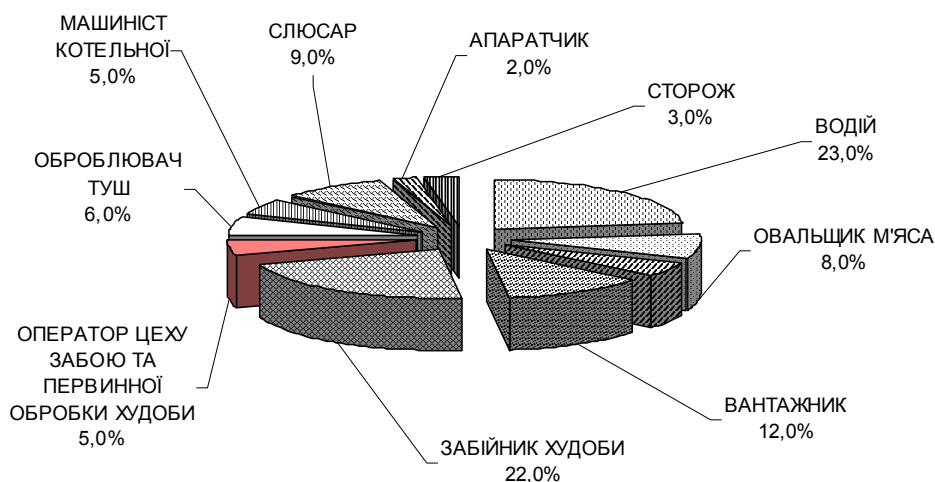


Рис. 1. Розподіл випадків виробничого травматизму по професіям у м'ясній промисловості України

Виявлено десять професійних груп в яких зафіксовано найбільший ризик травмонебезпечних ситуацій: слідує водії (23 %), забійники худоби (22 %), вантажники (12 %), слюсарі (9 %), обвальщики м'яса (8 %), оброблювачі туш (6 %), оператор цеху забою та первинної обробки худоби (5 %), машиніст котельної (5 %), сторож (3 %), апаратчик.

Стосовно локалізації травм, за антропологічними даними у м'ясній промисловості треба відзначити велику кількість травмування верхніх кінцівок — 50 % від загальної кількості травм. Приблизно по 20 % припадає на переломи кісток скелету, нижніх кінцівок та 10 % на травмування голови. Механічні травми отримали близько 90 % потерпілих робітників, опіки — 10 %.

Розподіл потерпілих на підприємствах м'ясної промисловості від стажу роботи був такий: 20 і більше років (24 %), від 10 до 15 років (12 %), від 5 до 10 років (11 %), від 1 до 5 років (25 %), до 1 року (28 %). Це можна пояснити виключно психофізіологічними чинниками травматизму; молоді працівники (стаж до 5 років) є недостатньо досвідченими при виконанні небезпечної роботи. Працівники зі стажем від 5 до 20 років мають більший досвід роботи і тому є більш обережними при виконанні небезпечної роботи. Для працівників зі стажем роботи більше 20 років виконання ними дорученої роботи частково супроводжується надзвичайно негативним фактором «звикання» до небезпеки й гіперболізацією власного досвіду щодо «стандартних ситуацій» у роботі.

Розгляд розподілу нещасних випадків за віком показав, що найбільше травм отримано працівниками до 40 років — 63 % від загальної кількості травм.

Технологічне устаткування більшості м'ясопереробних підприємств морально застаріло і фізично виробило 1,5 – 2,5 терміну служби. Велика частина устаткування, яке використовується при забої і переробці худоби, виконує свої технологічні функції, але практично не має захисних механізмів.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Експлуатація несправної|непоправної| техніки в 23 % є причиною виробничого травматизму з важким|наслідком. Травмонебезпечні ситуації обумовлені недосконалістю захисних огорож рухомих елементів устаткування (26 %), відсутністю блокуючих пристроїв приводів стаціонарних машин (9 %), несправністю двигуна (3 %).

Розподіл випадків виробничого травматизму по найбільш травмонебезпечному обладнанню на підприємствах м'ясопереробної промисловості представлено на рис. 2.

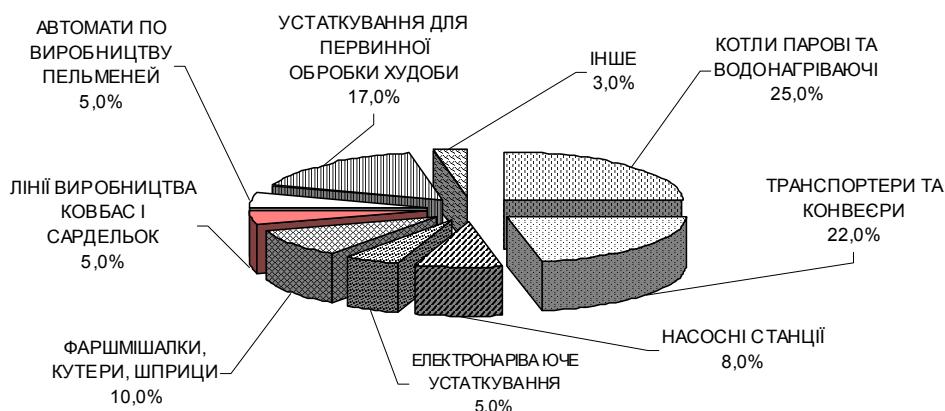


Рис. 2. Розподіл обладнання, устаткування, машин, механізмів, транспортних засобів, експлуатація яких призвела до нещасного випадку у м'ясній промисловості України

Як видно з рис. 2, найбільш травмонебезпечним устаткуванням є: котли парові та водонагрівачі, транспортери і конвеєри, устаткування для первинної обробки худоби, фаршемшалки, кутери, шприци, насосні станції, електронагріваче устаткування, лінії виробництва ковбас і сардельок, автомати по виробництву пельменей.

За основну причину травматизму впродовж ряду років вважається незадовільна організація трудового процесу (більше 69 %) [1 – 3]: відсутність контролю над дисципліною і виконанням робіт з боку керівника робіт (35 %), допуск до роботи без відповідної підготовки з охорони праці (14 %), допуск до виконання робіт без відповідної професійної підготовки (5 %).

До інших організаційних причин можна віднести: робота в приміщеннях і на виробничих майданчиках, які не відповідають вимогам будівельних норм і правил; відсутність засобів індивідуального захисту; відсутність необхідної документації (інструкції з охорони праці, наряди-допуски та ін.), відсутність механізації робіт. Встановлено, що 20 % загиблих, крім того, знаходилися в стані алкогольного сп'яніння.

Висновки. Проведений розрахунок показників виробничого травматизму методом експертних оцінок та аналізу статистичних даних актів за формою Н-1 та 7тнв, який мав місце в м'ясній промисловості за період 2003...2010 роки, дозволяє визначити найбільш важливі фактори, пов'язані з причинами, джерелами та обставинами нещасних випадків практично за всіма класифікаторами.

Найбільш поширеним травмуючим фактором в м'ясній промисловості є травмування робітників предметами, деталями, які рухаються, обертаються (виробниче обладнання), в тому числі устаткуванням ручної праці ножі, пили, цей фактор складає 24 % від загального числа випадків.

Виявлено десять професійних груп в яких зафіксовано найбільший ризик травмонебезпечних ситуацій та види травм отримані працівниками м'ясної промисловості.

Проведено розподіл обладнання, устаткування, машин, механізмів, транспортних засобів, експлуатація яких призвела до нещасного випадку у м'ясній промисловості України за період 2003...2010 роки.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Встановлено, що більшість травмонебезпечних ситуацій в м'ясній промисловості обумовлені недосконалістю захисних огорож рухомих елементів устаткування (26 %), відсутністю блокуючих пристроїв приводів стаціонарних машин (9 %), несправністю двигуна (3 %).

Тому подальшим важливим етапом попередження виробничого травматизму в м'ясній промисловості буде конструктивна розробка захисних огорож та блокуючих пристроїв обладнання. Моделювання травмонебезпечних ситуацій на робочих місцях м'ясопереробних підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Анфилатов В.С.* Системный анализ в управлении / Анфилатов В.С. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.
2. *Євтушенко О.В.* Аналіз статистики виробничого травматизму в харчовій промисловості України / Євтушенко О.В. // Харчова промисловість — К.: НУХТ, 2010. — № 10 — 11. — С. 169 — 174.
3. *Кошіль О. Г.* Статистичний бюлетень. Травматизм на виробництві у 2002 — 2009 роках / Кошіль О. Г., Костровенко Л. Н. — К.: Держкомстат України, 2003. — 2010.
4. *Калачова І.* Статистичний бюлетень. Травматизм на виробництві у 2010 році / Калачова І.К. : Держкомстат України, 2011.
5. *Праховнік Н.А.* Підвищення ефективності прийняття рішень при плануванні заходів з охорони праці на галузевому рівні: Автореф. дисс. канд.техн. наук: 05.26.01. — К. — 2000. — 19 с.
6. *Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві.* — К. : Основа, 2004. — 104 с.
7. *ДНАОП 1.8.20-1.06-99.* Правила охорони праці для працівників м'ясопереробних цехів.
8. *ДНАОП 1.8.20-1.07-99.* Правила охорони праці для працівників виробництв забою та первинної обробки тваринницької сировини.

Рассмотрены статистические данные по случаям производственного травматизма на мясоперерабатывающих предприятиях Украины за 2003...2010 гг. Приведены результаты анализа распределения случаев производственного травматизма по оборудованию, машин, механизмов, транспортных средств, эксплуатация которых привела к несчастному случаю в мясной промышленности.

Выявлены наиболее распространенные поражающие факторы и профессии в мясной промышленности Украины.

Ключевые слова: производственный травматизм, травмирующий фактор, несчастный случай, отчет по форме Н-1, форма 7тнв.

V. Guts, O. Evtushenko

Reasons|cause|, sources|source| and circumstances of production traumatism, are in meat|flesh| industry of ukraine

The article deals with injuries in the meat industry of Ukraine for the period 2003 ... 2009 The results of analysis of the distribution of occupational injuries from machinery, equipment, vehicles, machinery, operation of which caused the accident.

It is set that most dangerous situations in meat industry are conditioned imperfection of protective protections of mobile elements of equipment, absence of blackout devices of occasions of stationary machines, disrepair of engine. The most widespread injuring factor in meat industry is injuring of workers by objects, turn (production equipment) around details which move, in a that number by the equipment of hand labour knives, drank.

Found out ten professional groups in which the most risk of травмонебезпечних situations and types of traumas is fixed got the workers of meat industry.

Key words: injuries, traumatising factor, accident report form Н-1, form 7тнв.

Одержана редколегією 14.12.2011 р.

УДК 664.854

І.В. ДУБКОВЕЦЬКИЙ, канд. техн. наук,

І.Ф. МАЛЕЖИК, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

Я.В. Євчук

Уманський національний університет садівництва, м. Умань

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МІКРОХВИЛЬОВОГО ЗНЕВОДНЕННЯ ГЛОДУ

Наведено результати зміни хімічного складу плодів глоду в процесі мікрохвильового сушіння при потужності магнетрону — 300, 500, 700 і 1000 Вт.

Ключові слова: мікрохвильове сушіння глоду, вуглеводи, аскорбінова кислота та поліфенольні сполуки.

При вивченні плодів глоду, як малопоширеної лікарської сировини, важливим є не використання їх у свіжому вигляді, а отримання із них напівфабрикатів у вигляді сушених плодів, настоянок, екстрактів і т.п. У зв'язку з цим необхідно знати закономірності накопичення поживних речовин у плодах в процесі технологічної переробки.

Мета нашої роботи полягала у вивченні зміни хімічного складу плодів глоду в процесі мікрохвильового сушіння при різних параметрах. Для сушених плодів глоду вирішальними показниками, які впливають на якісні показники готового продукту, являються такі біологічно активні речовини як вуглеводи, аскорбінова кислота, каротин, пектинові речовини та поліфенольні сполуки.

На даний час багатьма іноземними і вітчизняними фірмами розроблене устаткування з використанням мікрохвильової енергії, яка забезпечує раціональну переробку плодів і ягід. Поряд із цим недостатньо вивченим є процес зневоднення сировини струмами високої частоти (СВЧ) та зміна хімічного складу сировини при переробці. Виходячи з вищезазначеного, перед нами була поставлена мета — дослідити процес зневоднення плодів глоду з використанням струмів високої частоти.

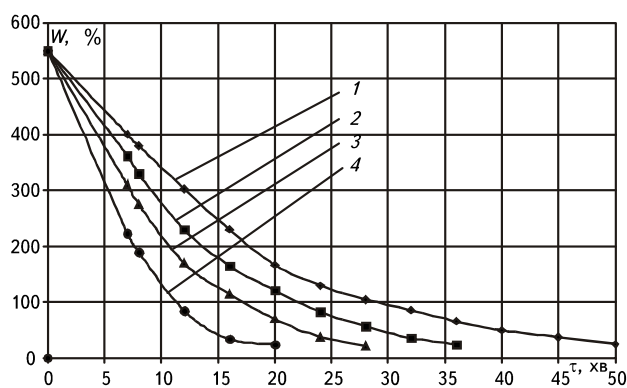


Рис. 1. Криві мікрохвильового сушіння глоду сорту Збігнев при потужності магнетрону, Вт:
1 — 300, 2 — 500, 3 — 700, 4 — 1000

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

На рис. 1. представлені криві сушіння плодів глоду сорту Збігнев з використанням струмів високої частоти. Сушіння здійснювалося при чотирьох рівнях використання номінальної потужності магнетрону — 300, 500, 700 і 1000 Вт. Із графіків видно, що процес сушіння плодів глоду залежить від рівня магнетрону. Так, при потужності магнетрону 300 Вт сушіння глоду з початковим вологовмістом 550 % до кінцевого 24 % проходив протягом 50 хв., а починаючи з потужностей магнетронів 500, 700 і 1000 Вт процес сушіння проходив, відповідно, 37, 28 і 20 хв. Таким чином, тривалість процесу сушіння зменшується з підвищенням магнетрону до максимальної потужності (1000 Вт) в 1,6 рази.

З рисунку відсутній період прогріву глоду, а спостерігається період сталої (перший період) і спадаючої (другий період) швидкості сушіння.

Апроксимуючи дані першого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються лінійному закону.

Для температур теплоносія:

$$300 \text{ Вт} - W = -20\tau + 544 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$500 \text{ Вт} - W = -26,8\tau + 548,8 \text{ при } R^2 = 0,97;$$

$$700 \text{ Вт} - W = -32\tau + 542,9 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$1000 \text{ Вт} - W = -46,7\tau + 550 \text{ при } R^2 = 0,99,$$

Апроксимуючи дані другого періоду сушіння, вивели рівняння, що підпорядковуються логарифмічному закону.

$$300 \text{ Вт} - W = -173,4 \ln(\tau) + 692 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$500 \text{ Вт} - W = -189,4 \ln(\tau) + 693 \text{ при } R^2 = 0,99;$$

$$700 \text{ Вт} - W = -203 \ln(\tau) + 685 \text{ при } R^2 = 0,98;$$

$$1000 \text{ Вт} - W = -186 \ln(\tau) + 564 \text{ при } R^2 = 0,94,$$

де W — вологовміст, %; τ — час, хв; R^2 — середньоквадратичне відхилення.

В результаті обробки кривих сушіння отримані залежності швидкості сушіння глоду Збігнев від вологовмісту (рис. 2), що дають змогу проаналізувати характерні особливості глоду. При виведенні рівняння кінетики сушіння з експериментальних залежностей $dW/d\tau$ встановили, що на першій стадії швидкість сушіння можна приблизно вважати постійною. З підвищенням температури теплоносія вона зростає від 0,74 кг/(кг·хв) (для 60 °С) до 1,45 кг/(кг·хв) (для 100 °С).

Проаналізувавши другий період сушіння вивели апроксимаційні рівняння при температурах:

$$60 \text{ °С} - dW/d\tau = 0,00001 W^2 + 0,0004 W + 0,026 \text{ при } R^2 = 0,92;$$

$$70 \text{ °С} - dW/d\tau = 0,00002 W^2 - 0,0002 W + 0,033 \text{ при } R^2 = 0,95;$$

$$80 \text{ °С} - dW/d\tau = 0,000005 W^2 + 0,0037 W - 0,087 \text{ при } R^2 = 0,95;$$

$$90 \text{ °С} - dW/d\tau = 0,00005 W^2 - 0,0001 W + 0,0487 \text{ при } R^2 = 0,92;$$

$$100 \text{ °С} - dW/d\tau = 0,0001 W^2 - 0,0117 W + 0,313 \text{ при } R^2 = 0,92.$$

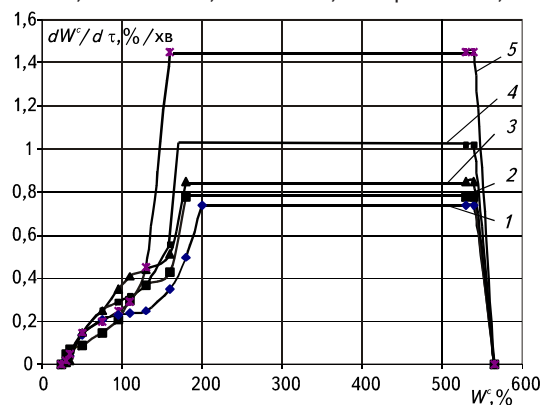


Рис. 2. Криві швидкості конвективного сушіння глоду сорту Збігнев при температурах, °С:
1 — 60, 2 — 70, 3 — 80, 4 — 90, 5 — 100

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Відомо, що вуглеводи є важливою групою органічних сполук, які входять до складу рослинних організмів. Вміст вуглеводів по відношенню до сухої речовини складає 70 – 90 %. Відомо, що при різних технологічних процесах переробки сировини частина вуглеводів розщеплюється, тобто певною мірою руйнується. В одному випадку розщеплення обмежується гідролізом дисахаридів, в іншому — проходить більш глибокий розпад цукрів (процеси карамелізації та меланоїдиноутворення).

Суттєве зниження вмісту загальної кількості цукрів відбувається із підвищенням напруженості магнетрону, внаслідок чого спостерігалася втрата соку плодів під дією струмів надвисокої частоти [1]. Проте проведені нами дослідження підтверджують те, що більш високим вмістом цукрів характеризуються ті ж сорти і види глоду, які вирізнялися за вмістом цього показника у свіжому вигляді.

Так, за потужності магнетрону 300 Вт (рис. 3) найбільший вміст цукрів, як і у свіжих плодах, мали плоди сорту Шаміль, глоду алма-атинського. Їх вміст, відповідно, становив 75,9, 75,0 %, а тривалість сушіння — 430 та 250 хв. Як показали наші дослідження, сорт Шаміль і вид алма-атинський у цьому варіанті зневоднення мали майже однакову кількість загальних цукрів. Для цих же сортів і видів у варіанті зневоднення з використанням потужності магнетрону 500 Вт і тривалості сушіння, відповідно 397 та 231 хв., вміст загальних цукрів становив 70,4, і 68,9 %, що на 11,6 та 13,9 % менше від їх вмісту у свіжих плодах. Подібні зміни спостерігалися і при зневодненні плодів у варіанті з використанням потужності магнетрону 700 Вт, тривалість сушіння при якому сягала, в середньому по вказаних сортах, 397 хв.

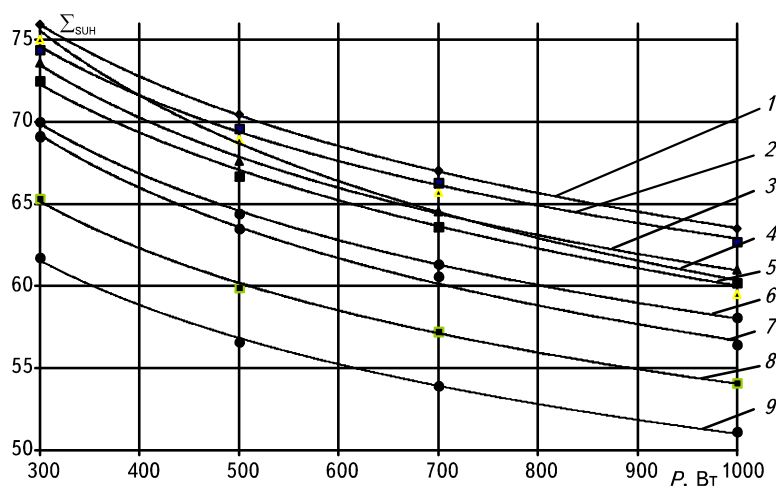


Рис. 3. Зміна вмісту загальної кількості вуглеводів у плодах глоду висушених мікрохвильовим методом для сортів і видів глоду, %:

1 — Шаміль; 2 — Мао Мао; 3 — Збігнев; 4 — глід алма-атинський; 5 — глід Мейера; 6 — глід одноматочковий; 7 — Китайський; 8 — Людмил; 9 — глід східний

Аналіз наших досліджень підтверджує думку вчених, що підвищення потужності магнетрону до 1000 Вт за тривалості процесу сушіння 284 хв., суттєво впливає на зниження цукрів. Так, в цьому варіанті зневоднення у сорту Шаміль та Мао Мао вміст цукрів знизився, відповідно на 20,4 та 21,4 %, у порівнянні із свіжими. Проте, варто зазначити, що за даними наших досліджень, порівняно низькими за вмістом цукрів при даному методі сушіння є плоди сорту Людмил та глоду східного, що не призводить до зниження їх біологічної цінності.

Після апроксимації дослідних даних одержали степеневі рівняння залежності вмісту загальної кількості вуглеводів в плодах глоду від температури теплоносія:

$$\text{Шаміль} — \Sigma_{\text{СУН}} = 176,7 P^{-0,148}, R^2 = 0,99;$$

$$\text{Мао Мао} — \Sigma_{\text{СУН}} = 167,4 P^{-0,142}, R^2 = 0,99;$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Збігнев — $\Sigma_{\text{СУН}} = 177,9 P^{-0,155}$, $R^2 = 0,99$;
 глід алма-атинський — $\Sigma_{\text{СУН}} = 218,9 P^{-0,187}$, $R^2 = 0,98$;
 глід Мейера — $\Sigma_{\text{СУН}} = -10 \ln P + 130$, $R^2 = 0,99$;
 глід одноматочковий — $\Sigma_{\text{СУН}} = 168,66 P^{-0,155}$, $R^2 = 0,99$;
 китайський — $\Sigma_{\text{СУН}} = 178,3 P^{-0,166}$, $R^2 = 0,99$;
 Людмил — $\Sigma_{\text{СУН}} = 157,9 P^{-0,155}$, $R^2 = 0,99$;
 глід східний — $\Sigma_{\text{СУН}} = 150 P^{-0,156}$, $R^2 = 0,99$;

$\Sigma_{\text{СУН}}$ — кількість вуглеводів у плодах глуду, %; P — потужність магнетрону, Вт.

Отже, в цілому, підвищення потужностей магнетрону при сушіння плодів глуду призвело до карамелізації цукрів і потемніння висушених плодів, так і, відповідно, до більших втрат вуглеводів у всіх досліджуваних плодах.

Важливим критерієм цінності плодів глуду є наявність в них антиоксидантних речовин, однією з яких є аскорбінова кислота (вітамін С). Відомо, що вона володіє специфічними антирадіаційними та протіоокислювальними властивостями, позитивно діє на центральну нервову систему.

Аскорбінова кислота активно бере участь у різних обмінах речовин і визначає їх винятково широкий спектр дії та безліч показань до застосування здоровими і хворими людьми. Вона має сильні відновлюючі властивості, а утворена при її окисленні дегідроаскорбінова кислота прямопропорційно пов'язана з антиоксидантними властивостями цього компоненту.

У проведених нами дослідженнях (рис. 4) було виявлено, що кращими за вмістом аскорбінової кислоти були плоди глуду одноматочкового і східного із відповідним вмістом аскорбінової кислоти 87,7 та 42,3 мг/100 г, висушені струмами високої частоти за потужності магнетрону 300 Вт і тривалості сушіння глуду одноматочкового — 194 хв., а східного — 520 хв. Гіршими за вмістом аскорбінової кислоти у цьому варіанті зневоднення були плоди глуду алма-атинського і сорту Збігнев, вміст аскорбінової кислоти у яких становив, відповідно, 21,2 та 20,9 мг/100 г, при їх середній тривалості сушіння — 256 хв.

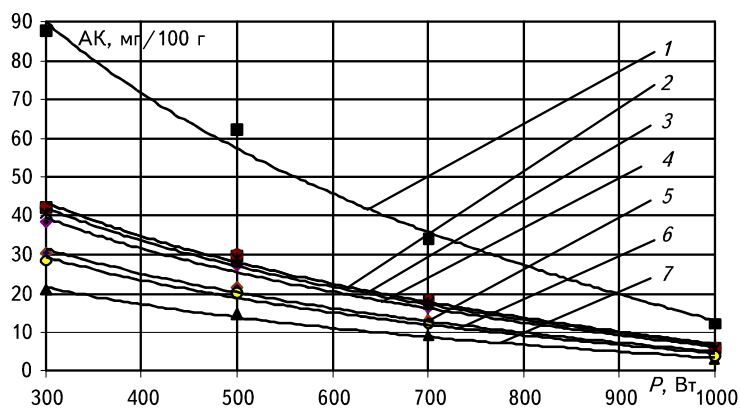


Рис. 4. Вміст аскорбінової кислоти в плодах глуду висушених мікрохвильовим методом, мг/100 г:

1 — глід одноматочковий; 2, 3 — глід східний, Людмил; 4 — Мао Мао; 5 — глід Мейера; 6 — Шаміль; 7 — Китайський; 8, 9 — Збігнев, глід алма-атинський

Цікавим є те, що подальше підвищення потужності магнетрону призвело до суттєвого зниження вмісту аскорбінової кислоти у всіх варіантах зневоднення під дією струмів високої частоти. Так, потужність магнетрону 500 Вт (тривалість сушіння 411 хв.) призвела до втрат аскорбінової кислоти на 79 %. У варіанті з використанням потужності магнетрону 700 Вт (тривалість сушіння 397 хв.) у всіх досліджуваних зразках зниження вмісту аскорбінової кислоти у порівнянні із свіжими плодами становило в середньому 88 %.

Подальше підвищення потужності магнетрону веде до збільшення втрат цього компоненту. Так, при сушінні плодів глуду при потужності магнетрону 1000 Вт і середній тривалості

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

процесу 284 хв. втрати вмісту аскорбінової кислоти склали в середньому 96 % від вмісту у свіжих плодах.

Як показали результати наших досліджень, плоди глоду одноматочкового, східного та сорту Людмил, які вирізнялися порівняно високим вмістом аскорбінової кислоти при сушінні з використанням потужності магнетрону 300 Вт істотно знизили вміст аскорбінової кислоти, проте у цих плодах у варіанті з використанням найвищої потужності магнетрону вміст аскорбінової кислоти все ж залишався найвищим, відповідно 12,2 та 5,9 мг/100 г. Поряд із цим, з найнижчим вмістом аскорбінової кислоти, виявилися та плоди сорту Китайський 1 – 3,9 мг/100 г (тривалість сушіння 490 хв.) та глоду алма-атинського – 2,8 мг/100 г (тривалість сушіння 151 хв).

Апроксимуючи дослідні дані одержали логарифмічні рівняння залежності аскорбінової кислоти в плодах глоду від потужності магнетрону:

$$\begin{aligned} \text{Глід одноматочковий} & - AK = -63,9 \ln(P) - 455, R^2 = 0,99; \\ \text{глід східний, Людмил} & - AK = -30,34 \ln(P) + 217, R^2 = 0,99; \\ \text{Мао Мао} & - AK = -29,36 \ln(P) + 210, R^2 = 0,99; \\ \text{глід Мейера} & - AK = -27,52 \ln(P) + 197, R^2 = 0,99; \\ \text{Шаміль} & - AK = -21,94 \ln(P) + 157, R^2 = 0,99; \\ \text{Китайський} & - AK = -20,52 \ln(P) + 146, R^2 = 0,99; \\ \text{Збігнев, глід алма-атинський} & - AK = -15 \ln(P) + 107, R^2 = 0,99. \end{aligned}$$

AK — вміст аскорбінової кислоти в плодах глоду висушених мікрохвильовим методом, мг/100 г ; P — потужність магнетрону, Вт.

Вміст біологічно активних речовин глоду може слугувати важливим компонентом в організації здорового і функціонального харчування населення. Тому аналіз поліфенольних сполук та їх окремих класів є важливим при вивченні біологічної цінності плодів глоду з високим вмістом цих сполук [3].

Відомо [2], що поліфеноли є активними метаболітами і відіграють важливу роль в різноманітних фізіологічних функціях, в тому числі стійкість до інфекційних захворювань. Від вмісту поліфенолів залежить забарвлення, аромат та смак плодів.

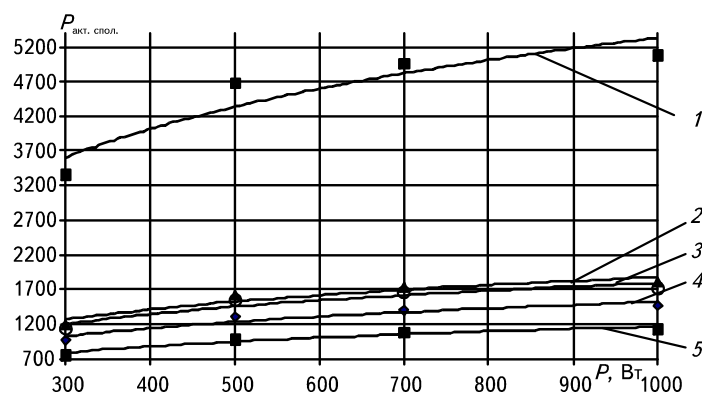


Рис. 5. Вміст загальної кількості поліфенолів у плодах глоду висушених мікрохвильовим методом, мг/100 г:

1 — глід одноматочковий; 2 — глід алма-атинський; 3 — Збігнев;
4 — Шаміль; 5 — Людмил

Після апроксимації дослідних даних одержали логарифмічні рівняння вмісту загальної кількості поліфенолів в плодах глоду від потужності магнетрону:

$$\begin{aligned} \text{Глід одноматочковий} & - P_{\text{акт. спол.}} = 1435,7 \ln(P) - 4584, R^2 = 0,86; \\ \text{глід алма-атинський} & - P_{\text{акт. спол.}} = 508 \ln(P) - 1636, R^2 = 0,949; \\ \text{Збігнев} & - P_{\text{акт. спол.}} = 491 \ln(P) - 1597, R^2 = 0,97; \\ \text{Шаміль} & - P_{\text{акт. спол.}} = 413 \ln(P) - 1338, R^2 = 0,938; \end{aligned}$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Людмил — $P_{\text{ак. спол.}} = 315,8 \ln(P) - 1017, R^2 = 0,947;$

$P_{\text{ак. спол.}}$ — кількості вуглеводів у плодах глоду, %; P — потужність магнетрону, Вт.

Результатами досліджень встановлено, що потужність магнетрону 300 Вт і середня тривалість сушіння 339 хв. призвела до найнижчого вмісту поліфенольних сполук, в середньому по сортах і видах — 1481 мг/100 г, що на 61 % нижче від вмісту у свіжих плодах і обумовлене, вочевидь, тривалим процесом їх зневоднення.

Як видно з даних результатів досліджень, при мікрохвильовому методі сушіння най-більший вміст загальної кількості поліфенольних сполук був у глоду одноматочкового (3363 мг/100 г) та глоду алма-атинського (1190 мг/100 г) за тривалості сушіння відповідно, 194 та 250 хв. Найменший вміст поліфенольних сполук був у сортів Шаміль і Людмил, відповідно 967 та 755 мг/100 г, за тривалості сушіння 430 і 560 хв.

Проведені дослідження показали, що поступове підвищення потужності магнетрону до 500 Вт і скорочення тривалості сушіння до 313 хв. призвело до підвищення вмісту цих сполук, в середньому на 37,3 %, порівняно із попереднім варіантом сушіння плодів, за потужності магнетрону 300 Вт.

Так, у глоду одноматочкового у цьому варіанті зневоднення за тривалості сушіння 177 хв., вміст загальної кількості поліфенолів становив 4689 мг/100 г, що на 39,4 % нижче від попереднього варіанту сушіння. У глоду алма-атинського, за тривалості сушіння 231 хв., вміст загальної кількості поліфенольних сполук становив 1627 мг/100 г, що на 36,7 % менше від варіанту сушіння за потужності магнетрону 300 Вт. У сорту Людмил, де вміст загальної кількості поліфенольних сполук був найменшим, у варіанті сушіння за потужності магнетрону 500 Вт і тривалості 517 хв., вміст поліфенолів становив 978 мг/100 г, що на 29,5 % нижче від варіанту сушіння за потужності магнетрону 300 Вт.

У варіанті сушіння плодів за потужності магнетрону 700 Вт і тривалості процесу зневоднення в середньому 296 хв. вміст загальної кількості поліфенольних сполук збільшився на 42,7 % порівняно із варіантом сушіння за потужності магнетрону 300 Вт. У глоду одноматочкового у цьому варіанті сушіння вміст загальної кількості поліфенольних сполук становив 4961 мг/100 г (тривалість сушіння 168 хв.), а у сорту Людмил — 1089 мг/100 г (тривалість сушіння 490 хв.). Сушіння плодів глоду за високої потужності магнетрону — 1000 Вт за рахунок скорочення тривалості сушіння (211 хв.) призвело до збільшення загальної кількості поліфенольних сполук, в середньому на 40,9 %. У глоду одноматочкового у цьому варіанті сушіння їх вміст становив 5088 мг/100 г, а у сорту Людмил — 1125 мг/100 г. Тривалість сушіння, відповідно, 120 та 351 хв.

Висновки. Встановлено значну антиоксидантну властивість плодів глоду та продуктів його переробки, що вказує на перспективу їх використання у якості природних антиокислювачів та у виробництві продуктів функціонального призначення.

Доведено, що параметром якості сушіння при інтенсивному зневодненні з використанням високих температур сушильного агенту є збереження термолабільних вітамінів, основний вплив на які має температура.

Визначено гранично допустимі температури та тривалості процесу сушіння, які забезпечують збереженість вітамінної цінності та кольорової гами готової продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Типсина Н.Н.* Использование СВЧ-нагрева для получения полуфабрикатов из мелко-плодных яблок Сибири / Н.Н. Типсина, А.Е. Туманова // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2008. — № 2. — С. 20 — 22.
2. *Мурадов М.С.* Изучение свойств полифенольных соединений плодов бузины и боярышника / М.С. Мурадов, Т.Н. Даудова, Л.А. Рамазанова // Материалы всерос.науч.-практ. конф. «Химия и технологии в медицине». — Махачкала; ДГУ, 2001. — С. 214 — 216.
3. *Євчук Я.В.* Підвищення якості сушеної продукції за рахунок обґрунтовано підібраних методів переробки / Я.В. Євчук // Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету. — Біла Церква, 2010. — Випуск 3(74). — С. 72 — 75.

Приведены результаты изменения химического состава плодов боярышника в процессе микроволновой сушки при мощности магнетрона — 300, 500, 700 и 1000 Вт.

Ключевые слова: микроволновая сушка боярышника, углеводы, аскорбиновая кислота и полифенольные соединения.

I. Dubkovetsky, I. Malechyk, Ja. Yevchuk

Investigation of the process of convection degidration hawthorn

Given the results of changes of the chemical composition of fruits of hawthorn in the process of a microwave drying at the power of the magnetron — 300, 500, 700 and 1000 Watts. In the us studies have found that the best on the content of ascorbic acid were the fruits of hawthorn oneroyal the east and with the appropriate content of ascorbic acid cheese and 42.3 mg/100 g, dried high-frequency currents on the power of the magnetron 300 W and the duration of drying hawthorn oneroyal — 194 min., and the eastern — 520 min. The greatest content of sugars, as in fresh fruits, were the fruits of varieties of Shamil, hawthorn, alma-atinskiy. Their contents, respectively, was significant, 75,0 %, and the duration of drying — 430 and 250 min. As shown by our study, grade Shamil and the type of alma-atinskiy in this version of dehydration had almost the same amount of total sugars. The results of the researches it is established, that the power of the magnetron 300 W and the average duration of drying 339 min. led to the low content of polyphenolic compounds, in average in the varieties and species — 1481 mg/100 g, that is by 61 % below the content in fresh fruit and is evidently a long process of their dehydration.

Key words: microwave drying hawthorn, carbohydrates, ascorbic acid and polyphenolic compounds

Одержана редколегією 10.11.2011 р.

В.Р. КУЛІНЧЕНКО, д-р техн. наук,
І.В. ДУБКОВЕЦЬКИЙ, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

ТУРБУЛЕНТНИЙ РУХ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ У КАНАЛІ З ПРОНИКЛИВИМИ СТІНКАМИ

Визначені поля швидкостей в турбулентному потоці у перфорованому каналі при наявності сильного відсмоктування, на цій підставі розраховані дотичні напруги і визначений вклад кожної зі складових: конвективного переносу імпульсу, в'язких і турбулентних напруг. Результати застосовуються у хімічній промисловості, наприклад в радіальних каталітичних реакторах.

Ключові слова: прониклива стінка, інтенсивність відсмоктування, профілі швидкості, локальні швидкості, дотичні напруження, перенос імпульсу.

За останні роки з'явилася велика кількість наукових праць з дослідження гідродинамічних характеристик каналів з проникливими стінками. Відомі теоретичні роботи [1 – 3], які ґрунтуються на моделі довжини шляху переміщення з використанням модифікованого коефіцієнта демпфування Ван-Дриста. Але ці теоретичні дослідження, як і експериментальні дослідження [4, 5], в яких вивчалася турбулентна течія в пористих каналах з відкритим торцем, охоплюють тільки область низької інтенсивності відсмоктування $v_w/\bar{u} < 0,01$ (v_w — радіальна складова швидкості, \bar{u} — середня в перерізі повздовжня швидкість; індекс w — стосується течії на проникливі стінці) при незначному градієнті тиску. Якісно інший рух рідини спостерігається в перфорованих каналах з тупиком, коли уся рідина, що надходить у канал, відводиться через його бокову поверхню, а інтенсивність відсмоктування збільшується з наближенням до торця і біля тупику прямує до нескінченності. Такі канали з тупиком застосовуються у хімічній промисловості, наприклад в радіальних каталітичних реакторах.

У [6] досліджувалась турбулентна течія в циліндричному каналі з проникливою стінкою і тупиком. На вхід у перфорований канал надходив повністю розвинений турбулентний потік, а значення додатного повздовжнього градієнта тиску сягали $dp/dx = 10^3$ Па/м (p — статичний тиск в каналі, x — повздовжня координата). Наведені у безрозмірному виді профілі осьової швидкості мають чітко виражену тенденцію до загострення при наближенні до торця каналу. Якісно подібні результати отримані в [7, 8]. Загострення безрозмірного профілю осьової швидкості й разом з цим збільшення коефіцієнта потоку імпульсу β (інтегральної характеристики профілю швидкості) до кінця каналу до величин характерних для ламінарного руху, дозволили автору [6] судити про якісну зміну режиму руху в каналі з проникливими стінками. На підставі уявної ламінаризації потоку при великих числах Рейнольдса ($Re = 10^4 \dots 10^5$) і наявності ковзання ($v_w \neq 0$) на проникливі бокові поверхні для розрахунку течії з відсмоктуванням застосували модель ідеальної рідини.

У супереч, в роботі [9], в якій на вхід перфорованого каналу з тупиком за допомогою решіток-турбулізаторів подавали потік з плоским профілем швидкості, не виявлено помітної деформації профілю за довжиною каналу. У зв'язку з цим при побудові моделі прийнято $\beta = 1$ і течія в каналі з проникливими стінками розглядається в одномірному наближенні. Можна було б вважати, що загострення профілю течії в перфорованому каналі спряжене з виникненням зворотних

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

токів [7] біля стінки коло торця. У такому випадку має місце відриву пограничного шару, що виключає можливість застосування моделі ідеальної рідини для розрахунку течії з відсмоктуванням.

З приведених міркувань виходить, що інформація щодо поведінки профілю швидкості має важливе значення для розрахунку і побудови теорії руху рідини в перфорованому каналі.

Зробимо спробу вияснити причини розрізнення в названих вище роботах з метою кращого розуміння картини течії в каналі з проникливими стінками і тупиком.

Для дослідження використовували циліндричний перфорований канал з тупиком внутрішнім діаметром 0,106 м і довжиною 1,0 м з перед включеною ділянкою для гідродинамічної стабілізації потоку довжиною 40 діаметрів. вільний переріз бокової поверхні утворений отворами діаметром 5 мм і складало $\varphi = 0,04; 0,08$ і $0,15$ (φ — вільний переріз бокової поверхні каналу). Локальні значення повздовжньої швидкості вимірювалися в різних перерізах перфорованого каналу за допомогою пневмометричних трубок, які переміщали по радіусу каналу в інтервалі $0 < r/R < 0,99$ (r — радіальна координата, R — радіус труби). У більшості дослідів викривлення лінії току не вносили похибки при вимірюванні швидкості, оскільки кут скосу потоку не перевищував 12° . Виняток складала ділянка $r/R > 0,81$ в останньому контрольованому перерізі каналу, де $x/L = 0,88$ (x — повздовжня координата, L — довжина каналу), де кут скосу потоку досягав 20° і похибка досягала 5 % [10].

Вимірювання статичного тиску в кожному перерізі перфорованого каналу вздовж радіуса труби пневмометричною трубкою показали, що $dp/dr \approx 0$. Перепад статичного тиску у кожному перерізі каналу, рівний по порядку $\sim \rho v_w^2/2$, в досліді не перевищував 1,75 Па, що в дійсності знаходиться за межами чутливості мікроманометра. Тому вимірювання статичного тиску виконувалося на стінці каналу за допомогою отворів діаметром 0,5 мм. Вимірювання профілю швидкості на вході в перфорований канал при $Re_0 = 6,4 \cdot 10^4 \dots 1,53 \cdot 10^5$ (індекс 0 відноситься до входу в робочий канал) задовільно погоджується з відомими узагальненнями [11] для гідродинамічно розвинених турбулентних течій.

Крім того, для відтворення умов досліду [9] за допомогою двох сіток, установлених в кінці ділянки стабілізації потоку, отримали практично плоский профіль швидкості на вході в перфорований канал. Тільки в пристінній області $r/R > 0,85$ мав місце пограничний шар. Проведені виміри підтвердили результати роботи [9], що плоский профіль швидкості зберігається на всій довжині перфорованого каналу. Більш того, відбувається поступове зменшення товщини пограничного шару і вже при $x/L = 0,5$ в названому вище інтервалі переміщення датчика профіль швидкості стає плоским навіть біля стінки.

Отримані профілі повздовжньої швидкості в різних перерізах перфорованого каналу для випадку, коли вільний переріз бокової поверхні становить $\varphi = 0,04$, а на вхід до каналу подається потік з повністю розвиненим турбулентним профілем швидкості наведені на рис. 1. На рис. 2 відповідні профілі швидкості наведені в безрозмірному вигляді u/u_m (u повздовжня швидкість; індекс t — стосується осі труби). У міру наближення до торця каналу вони стають більш гострими, що погоджується з даними [6...8]. Виявлене загострення безрозмірних профілів швидкості є наслідком вибраного способу знаходження безрозмірних величин. Прийнятий в [6...8] цей спосіб широко використовується для представлення потоків з постійними витратами.

Щоб описати рух з відсмоктуванням більш характерними є інші координати, подібні прийнятим на рис. 3, де по осі ординат відкладена величина $i^* = i + (i_{t0} - i_t)$, де індекс t стосується осі. Член у дужках у певній мірі відображає витрати рідини по довжині каналу. З рисунка видно, що ядро потоку залишається практично незмінним, а в пристінному шарі утворюється полого ділянка, яка збільшується до торця каналу.

Порівнюючи рис. 2 і 3, можна зробити висновок, що в дійсності профіль течії у перфорованому каналі з тупиком при наявності відсмоктування не загострюється, а стає більш плоским за рахунок

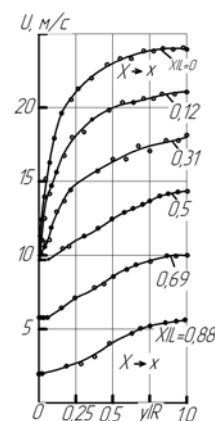


Рис. 1. Профілі повздовжньої швидкості в каналі з проникливими стінками; $Re_0 = 1,4 \cdot 10^5$, $\varphi = 0,04$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

відносного збільшення швидкості у пристінній області при практично незмінному ядрі потоку. Подібний характер трансформації профілю течії відповідає умові непроникливості торця каналу, згідно з цим у будь-якій точці біля плоского торця осьова швидкість дорівнює нулю.

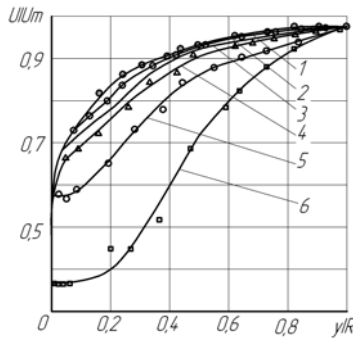


Рис. 2. Безрозмірні профілі повздовжньої швидкості ($Re_0 = 1,4 \cdot 10^5$, $\varphi = 0,04$):
1 — $x/L = 0$; 2 — 0,12; 3 — 0,31;
4 — 0,50; 5 — 0,69; 6 — 0,88

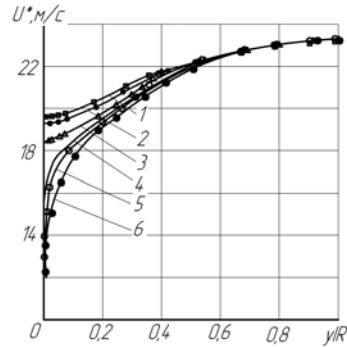


Рис. 3. Суміщення профілів повздовжньої швидкості ($Re_0 = 1,4 \cdot 10^5$, $\varphi = 0,04$):
1 — $x/L = 0$; 2 — 0,12; 3 — 0,31;
4 — 0,50; 5 — 0,69; 6 — 0,88

В одному з дослідів замість пластини, яка служить глухим торцем перфорованого каналу, ставили патрубок з суцільною стінкою й одним заглушеним торцем, який був своєрідним мішком на кінці перфорованого каналу. Наявність такого мішка повинна була б підсилити ефект зворотних течій, якби така мала місце. Але ніякої різниці в порівнянні з даними наведеними на рис. 1 профілями повздовжніх швидкостей не виявлено, що підтверджує про відсутність біля стінки коло торця зворотних токів.

Радіальні складові швидкості розраховували інтегруванням рівняння нерозривності потоку в циліндричних координатах

$$\frac{\partial}{\partial x}(ru) + \frac{\partial}{\partial r}(rv) = 0 \quad (1)$$

по радіусу каналу від 0 до r , звідки

$$v = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \int_0^r ur dr. \quad (2)$$

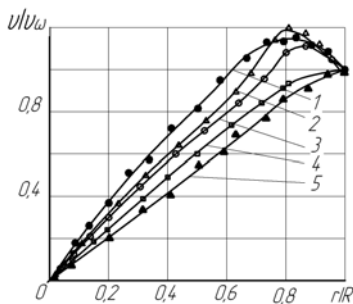


Рис. 4. Профілі радіальної швидкості:
1, 3, 4, 5 — розвинений профіль швидкості на вході; 2, 4, 5 — плоский профіль швидкості; 1 — 5 — $\varphi = 0,15$;
4, 5 — 0,04; 1, 4 — $x/L = 0,12$; 3, 4 — 0,31; 4 — 0,50; 5 — 0,69

Дані розподілу радіальної швидкості, наведені на рис. 4, якісно співпадають з кривими поданими в [6]. Відносне збільшення повздовжньої швидкості в пристінній області за практично незмінному ядрі потоку (рис. 3) приводить до екстремуму на кривих розподілу радіальної швидкості по радіусу каналу. Це чітко проявляється при малих швидкостях відсмоктування $v_w/\bar{u} < 0,01$, що мають місце на початковій ділянці перфорованого каналу при $\varphi = 0,15$, де течія практично без градієнтна. Нижче за течією, коли величина відсмоктування суттєво збільшується, радіальна складова швидкості стає майже лінійною відносно радіуса каналу. При вільному перерізі бокової поверхні каналу $\varphi = 0,04$ приблизно лінійна залежність радіальної швидкості по радіусу має місце по всій довжині каналу, оскільки величина $du/dx = \text{const}$ майже стала із-за рівномірного відтоку, характерного для каналів з малим вільним перерізом

бокової поверхні [9]. Якщо вважати, що $du/dx = \text{const}$, то з рівняння нерозривності потоку (1) отримуємо $v/v_w = r/R$.

На підставі аналізу отриманих даних для плоского і повністю розвинутого профілю швидкості на вході в перфорований канал і результатів досліджень течії з вдуванням [12] можна зробити висновок, що лінійний розподіл радіальної швидкості по радіусу каналу має місце у випадку незмінності чи дуже малої трансформації профілю повздовжньої швидкості. Окремим випадком є плоский профіль повздовжньої швидкості.

Дійсно, якщо диференціювати рівняння (1) по радіусу

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v}{r} \right) = 0, \quad (3)$$

то отримуємо, що лінійний розподіл радіальної швидкості можливий при $\partial^2 u / \partial x \partial r = 0$. Ця умова можлива при плоскому профілі, коли $\partial u / \partial r = 0$, і при незмінному профілі, коли $\partial u / \partial x$ не змінюється по радіусу.

Дотичні напруження τ турбулентного потоку, які представляють суму в'язких і турбулентних напружень, можна визначити за рівнянням [6]

$$\begin{aligned} \tau = & -\frac{1}{r} \int_0^r \frac{\partial}{\partial x} (\rho + \rho u^2) r dr - \rho u v - \\ & - 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \int_0^r \overline{\rho u^2} r dr, \end{aligned} \quad (4)$$

де u' — пульсаційна складова повздовжньої швидкості, ρ — густина, μ — динамічна в'язкість.

Двома останніми членами у рівнянні (4) можна знехтувати як величинами другого порядку малості [13].

Розраховані за рівнянням (4) дотичні напруження для малої швидкості відсмоктування, які мають місце в початкових перерізах перфорованого каналу при $\varphi = 0,15$, якісно погоджуються з результатами [6]. Для більш високої інтенсивності відсмоктування при $\varphi = 0,04$ і $0,08$ і в нижніх течіях перерізах каналу при $\varphi = 0,15$ обидва перших члена в рівнянні (4) досить великі і близькі за величиною, при цьому сама невелика помилка в розрахунку кожного члена призводить до неточності їх різниці. Це погоджується з даними [7, 12].

Запишемо вираз для потоку імпульсу через елемент поверхні df [14]

$$\Pi_{jk} df_k = (\rho \bar{V}_j \bar{V}_k - \sigma_{jk}) df_k, \quad (5)$$

де $df_k = n_k df$, n — одиничний вектор нормалі до поверхні, \bar{V} — вектор швидкості елементарного об'єму, σ — нормальне напруження.

Перший член в правій частині (5) визначає конвективний перенос імпульсу, а другий можна подати у виді

$$\sigma_{jk} = -\rho \delta_{jk} + \tau_{jk} - \rho \overline{V_j V_k'}, \quad (6)$$

де $\tau_{jk} = \mu \left(\frac{\partial \bar{V}_j}{\partial x_k} + \frac{\partial \bar{V}_k}{\partial x_j} \right)$ — в'язкий тензор напружень, $\rho \overline{V_j V_k'}$ — напруження віртуального турбу-

лентного тертя. Із (5) з урахуванням (6) запишемо величину тиску, що діє на одиницю площі поверхні рідини:

$$p_j = \rho \bar{V}_j \bar{V}_k n_k + \rho n_j - \tau_{jk} n_k + \rho \overline{V_j V_k'} n_k. \quad (7)$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Отриманий вектор p_i можна подати в циліндричній системі координат для симетричного каналу відносно осі у виді

$$p_1 = \sigma = \rho u^2 - p + 2\mu \frac{du}{dx} - \overline{\rho u'^2}; \quad (8)$$

$$p_2 = \tau = \rho u v - \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \overline{\rho u'v'}. \quad (9)$$

Як слідує з (9), повне дотичне напруження τ являє собою суму трьох величин: конвективного переносу імпульсу, в'язких і турбулентних напружень.

Конвективний перенос імпульсу, в'язких і турбулентних напруг при товщині пограничного шару і радіусу каналу

x/L	$r/R \rightarrow$	0,15	0,34	0,53	0,72	0,91
0,31	$\tau_{\mu} \cdot 10^4$	5,4	12,6	21,6	32,5	46,4
	$\rho \omega$	1,63	3,56	5,19	6,30	6,56
0,50	$\tau_{\mu} \cdot 10^4$	5,4	12,6	21,6	27,0	28,3
	$\rho \omega$	1,42	3,11	4,45	5,38	5,60
0,50	$\tau_{\mu} \cdot 10^4$	5,4	12,6	21,6	27,0	28,3
	$\rho \omega$	1,42	3,11	4,45	5,38	5,60
0,69	$\tau_{\mu} \cdot 10^4$	5,4	12,6	21,6	21,6	22,5
	$\rho \omega$	1,53	3,20	3,91	3,96	3,28

Для усталеного турбулентного потоку в каналі з суцільними стінками $\rho \omega = 0$, оскільки у потоці відсутня радіальна складова швидкості, турбулентні напруження значно більші ламінарних (в'язких) напружень [11].

Опубліковані в [4, 5, 7] дослідні дані про безпосередні виміри ступеня турбулентності в каналі з проникливими стінками мало чисельні і суперечливі. У [4, 5] говориться про зменшення ступеня турбулентності в пористому каналі з відсмоктуванням. Варто зауважити, що виміри виконували в пористому каналі з відкритим торцем при незначних величинах інтенсивності відсмоктування і позаддовжнього градієнта тиску. Навпаки в [7] за умов градієнтної течії і сильного відсмоктування зафіксовано значне збільшення ступеня турбулентності зі збільшенням інтенсивності відсмоктування. У зв'язку з цим варто відмітити, що зроблені в [6] висновки про ламінаризацію течії в перфорованому каналі, при наявності сильного відсмоктування фактично не обґрунтовані.

Якщо при усталеному турбулентному русі рідини в каналі з суцільними стінками за коефіцієнтом β можна судити про режим течії рідини (для турбулентного режиму $\beta \approx 1,02 \dots 1,03$, для ламінарного — $1/3$ [6]), то для потоків із змінними витратами коефіцієнт β не є критерієм, який однозначно визначає режими течії.

При турбулентному режимі течії у каналі з проникливою стінкою конкретний член $\rho \omega$ в рівнянні (9) не рівний нулю. Крім цього, при висій інтенсивності відсмоктування (що має місце при $\phi = 0,04$) $u_w/\bar{u} > 0,01$, величина $\rho \omega$, як це видно з таблиці, значно перевищує в'язкі напруження, що вказує на переважну роль конвективного переносу імпульсу у формуванні структури течії в порівнянні з в'язким фактором.

Висновок. Отримані результати свідчать, що течію в каналі з проникливими стінками можна розглядати з позиції ідеальної рідини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кинни Р.Б. Турбулентное течение, тепло- и массообмен в трубе с поверхностным отсосом / Кинни Р.Б., Спорроу Е.М. — Теплопередача, 1970. — № 2. — С. 121 — 124.
2. Маркин Л. Турбулентный поток в трубе с отсосом на стенке / Маркин Л., Солан А., Виноград Ю. — Теплопередача, 1971. — № 2. — С. 108 — 114.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

3. Доши М.Р. Турбулентное течение в трубе с отсосом на стенке / М.Р. Доши, В.Н. Джил — Теплопередача, 1971. — № 2. — С. 154 — 161.
4. Weissberg H.L. Velocity and Pressure Distribution in Turbulent Pipe Flow with Uniform Suction / H.L. Weissberg, A.S. Berman // Proc. Heat Transfer and Fluid Mechanics Institute. — 1965. — v.14. — P. 1 — 16.
5. Бром А. Экспериментальное исследование турбулентного течения в трубе с отсосом на стенке / А. Бром, Ю. Виноград // Теплопередача. — 1974. — № 3. — С. 83 — 87.
6. Адинберг Р.З. Исследование и разработка распределителей газового потока для промышленных аппаратов. — Автореф. дис. канд. техн. наук. М.: ГИАП, 1978. — 24 с.
7. Aggarwall J. Experimental Friction Factors for Turbulent Flow with Suction in a Porous Tube / Aggarwall J., Hollingsworth M., Mayhew Y. // Int. J. Heat Mass Transfer. — 1972. — v. 15, № 9. — P. 1585 — 1592.
8. Михайлов В.С. Экспериментальное исследование структуры турбулентного потока в круглой трубе с раздачей через пористую стенку / Михайлов В.С. и др. // ТВТ. — 1972. — т. 10, № 6. — С 1256 — 1262.
9. Гапкин В.С. Распределение газового потока в канале с проницаемыми стенками / Гапкин В.С. и др. // Газовое дело. — 1972. — № 7. — С. 10 — 15.
10. Ворлин В.С. Аэромеханические измерения / Ворлин В.С. — М.: Наука, 1964. — 720 с.
11. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Шлихтинг Г. — М.: Наука, 1974. — 744 с.
12. Олсон Р.М., Эккерт Е.Р. Экспериментальное исследование турбулентного течения в пористой круглой трубе / Олсон Р.М., Эккерт Е.Р. // Прикладная механика. — 1966. — № 1. — С. 7 — 12.
13. Элуна М. Влияние отсоса на средние скорости и температуры при турбулентном течении в круглой трубе / Элуна М. // Тепло- и массоперенос, т. 9, ч. 2, Минск. — 1972. — С. 104 — 111.
14. Ландау Л.Д. Механика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Физматгиз, 1954. — 795 с.

Определены поля скоростей в турбулентном потоке в перфорированном канале при наличии сильного отсоса, на этой основе рассчитаны касательные напряжения и определен вклад каждой составляющей: конвективного переноса импульса, вязких и турбулентных напряжений.

Ключевые слова: проницаемая стенка, интенсивность отсоса, профили скорости, локальные скорости, касательные напряжения, перенос импульса.

W. Kulinchenko, I. Dubkovetsky

Turbulent motion of an incompressible fluid in a channel with piercing walls

Received the profiles of the longitudinal velocity in different cross sections of the perforated channel for the case, when the free section of the side surface is $j = 0,04$, and the entrance channel of the feed stream with a fully developed turbulent velocity profile

It is established, that in reality the profile of flow in perforated channel with a dead end in the presence of aspiration is not increasing, and becomes more flat due to the relative increase the speed of the wall area at practically unchanged kernel thread. A similar pattern of transformation of the flow profile corresponds to the condition of impermeability of the end of the channel, in this connection in any point near the flat end of the axial velocity is equal to zero.

On the basis of the analysis of the obtained data for flat and a fully developed speed profile at the entrance to the perforated channel and the results of research of flow with injection can conclude that the linear distribution of the radial velocity of the radius of the channel takes place in the case of a constant or a very small transformation of the profile of longitudinal velocity

Key words: permeable wall, intension of suction, profiles of speed, local speeds, tangent stresses, transfer of impulse.

Одержана редакцією 06.09.2011 р.

О.В. ХІВРИЧ, канд. військ. наук,

Н.В. ВОЛОДЧЕНКОВА

Національний університет харчових технологій

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗВИТКУ (ЕВОЛЮЦІЇ) РИЗИКУ РУЙНУВАНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Запропоновано комплексну математичну модель для визначення просторово-часової еволюції ризику руйнувань промислових об'єктів при аваріях (аварійних ситуаціях), яка може використовуватися під час розроблення планів ліквідації аварій (аварійних ситуацій) на підприємствах харчової промисловості.

Ключові слова: безпека, ризик, аварія, аварійна ситуація.

На теперішній час в Україні ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру має тенденцію до зростання. Дані обставини обґрунтовують необхідність зміни поглядів на роль і місце діяльності небезпечних промислових об'єктів і призводить до того, що зони підвищеного ризику, до яких відносяться такі об'єкти, є локальними, ситуативними і диктуються ходом протікання будь якої надзвичайної ситуації. Щоб практично реалізувати відповідне завдання необхідно створити комплекс математичних моделей, здатних спрогнозувати просторово-часову еволюцію ризику стану небезпечного промислового об'єкту залежно від сценарію розвитку надзвичайної ситуації. Відомі методи оцінки ризику руйнування відповідних об'єктів є непридатними для розрахунку просторово-часової еволюції ризику через суб'єктивізм, незчисленну множину варіантів рішень і низьку достовірність [1, 2]. Просторово-часова оцінка розподілу ризику руйнування небезпечних промислових об'єктів має базуватися на просторово-часовій моделі еволюції будь якої аварії (аварійної ситуації). Визначення величини ризику потребує в свою чергу кількісних характеристик аварії (аварійної ситуації) в кожній точці цієї еволюційної моделі.

Саме на основі аналізу цих результатів, тобто на основі аналізу динаміки розвитку аварії (аварійної ситуації) може бути прийнято рішення на безпечне функціонування промислового об'єкту [3]. Постає задача побудови двох моделей — математичної моделі просторово-структурної еволюції аварії (аварійної ситуації), що здатна запропонувати найбільш ймовірні варіанти її розвитку, та математичної моделі взаємодії структурних елементів промислового об'єкту, що здатна обрахувати результат взаємодії різноманітних наборів структурних елементів цього об'єкту у ході протікання аварії (аварійної ситуації). Для скорочення будемо вживати назви математична модель структури аварії (аварійної ситуації) та математична модель аварії (аварійної ситуації) відповідно.

В якості множини структур аварії (аварійної ситуації) розглянемо можливі сценарії її розвитку. Визначимо сценарій, як певну послідовність подій: $S_{C_i} = \Psi \{ \theta_{1i}, \theta_{2i}, \dots, \theta_{ki}, \dots, \theta_{mi} \}$, де Ψ — відношення порядку. Подію θ_{ki} представимо як набір $\langle \{i_A\} \in I_A, \{j_B\} \in I_B, k \in L \rangle$, де $\{i_A\}, \{j_B\}$ — множини об'єктів сторін A і B , що приймають участь у події; k — вузол, об'єкт структурних елементів небезпечного об'єкту, довкола якого і за контроль над яким розгортається подія, $k \in A \vee B$.

Таким чином структура аварії (аварійні ситуації) являє собою різноманітні комбінації елементів небезпечного об'єкту, порядок слідування яких упорядкований у часі.

Результат реалізації події θ_{ki} залежить від множини змінних $a_{ki}^1, a_{ki}^2, \dots, a_{ki}^n$ та параметрів $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$ що групуються за допомогою систем нелінійних рівнянь в інтегральні показники $t_{ki}, x_{ki}^1, x_{ki}^2, \dots, x_{ki}^l$. Змінні та параметри є кількісними характеристиками окремих вузлів, об'єктів структурних елементів небезпечного об'єкту. Інтегральні показники характеризують сторони аварії (аварійні ситуації) та сценарій аварії (аварійні ситуації) в цілому.

Розглядаються наступні інтегральні показники: тривалість сценарію аварії (аварійні ситуації), людські втрати, втрати матеріально-технічних ресурсів, втрати інфраструктури та екологічна шкода.

Тривалість сценарію визначається із умови

$$T_i \equiv T(\text{Sc}_i) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} t_{ki}; \quad k_{\max} : \exists j \in \{1, 2, \dots, l\} : x_{k_{\max}}^j > x_{\text{крит}}^j, \quad \text{де } x_{\text{крит}}^j \text{ — критичні значення окремих інтегральних показників.}$$

Інтегральні показники є нелінійними функціями

$$t_{ki}(a_{ki}^1, a_{ki}^2, \dots, a_{ki}^n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m), \quad x_{ki}^j(t_{ki}, a_{ki}^1, a_{ki}^2, \dots, a_{ki}^n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m), \quad j = 1, 2, \dots, l.$$

Беручи до уваги, що змінні $a_{ki}^1, a_{ki}^2, \dots, a_{ki}^n$ залежать від порядкового номеру події k та структури i -го сценарію аварії (аварійні ситуації), ми можемо скорочено позначити кортеж $\langle a_{ki}^1, a_{ki}^2, \dots, a_{ki}^n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m \rangle$ через θ_{ki}^j , відрізняючи таким чином значення набору змінних та параметрів аварії (аварійні ситуації) у момент часу k від структури самої події — θ_{ki} . Тоді у короткому записі $t_{ki} = t_{ki}(\theta_{ki}^j); x_{ki}^j = x_{ki}^j(t_{ki}, \theta_{ki}^j)$.

Припустимо, що на множині сценаріїв $\{\text{Sc}\}$ існує множина операторів $\{\hat{F}\}$, така що будь-яким сценаріям $\text{Sc}_i, \text{Sc}_j \in \{\text{Sc}\}$ ставить у відповідність оператор $\hat{F}_{ij} : \text{Sc}_i = \hat{F}_{ij}\text{Sc}_j$.

На множині $\{\text{Sc}\}$ виділимо також дві підмножини — допустимих $\{\text{Sc}\}_{\text{доп}}$ і недопустимих $\{\text{Sc}\}_{\text{ндоп}}$ сценаріїв, так що $\{\text{Sc}\}_{\text{доп}} \cup \{\text{Sc}\}_{\text{ндоп}} = \{\text{Sc}\}$. Множина $\{\text{Sc}\}_{\text{доп}}$ отримується із множини $\{\text{Sc}\}$ дією на останню послідовного набору фільтрів-правил $\langle \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_N \rangle$, тобто $\{\text{Sc}\}_{\text{доп}} = \langle \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_N \rangle \{\text{Sc}\}$. Набір даних фільтрів визначає логіку, за якою може протікати аварія (аварійна ситуація).

Специфіка та складність поняття ризику виникнення аварії (аварійної ситуації) потребує на думку авторів відмови від застосування категоричних суджень алгебри логіки до його оцінки і переходу до більш гнучкої системи нечітких оцінок. Ризик виникнення аварії (аварійної ситуації) — R можна оцінити тільки взявши до уваги всю множину факторів X_1, X_2, \dots, X_k , на основі яких можливе утворення такої події. Оцінки X_1, X_2, \dots, X_k , в свою чергу можливо отримати на основі нечіткого аналізу множин критеріїв, що характеризують кожен із даних факторів. В залежності від впливу на розвиток аварії (аварійної ситуації) чинник, що її викликав може змінювати не тільки самі оцінки факторів X_1, X_2, \dots, X_k , але й міру їх важливості при протіканні події. Тому доцільно ввести деяку функцію пріоритетів $P_k(t_m, \theta_{mi})$ на множині X_1, X_2, \dots, X_k , яка дозволить упорядковувати фактори ризику в кожній просторово-часовій точці розвитку аварії (аварійної ситуації).

Користуючись введеними позначеннями наведемо формалізовану постановку задачі дослідження.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

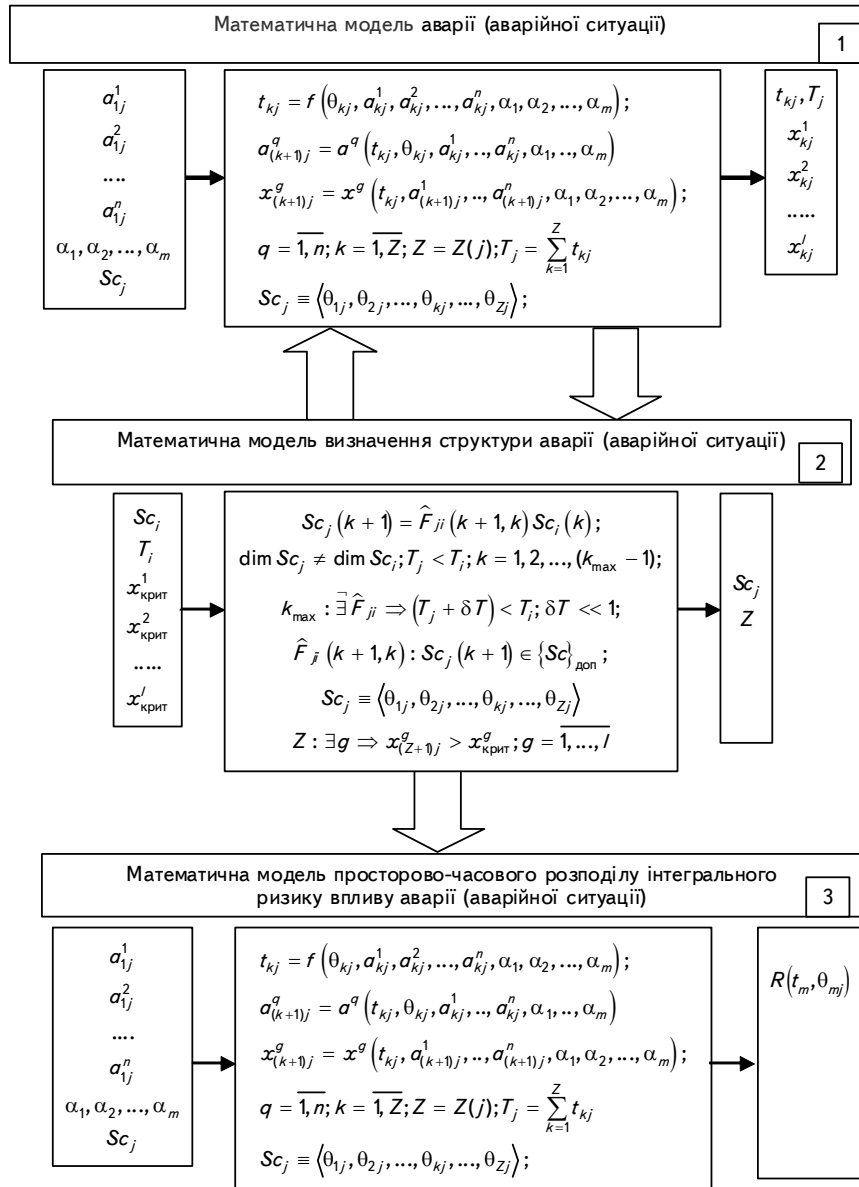


Рис. 1. Структурна схема комплексу математичних моделей для визначення просторово-часової еволюції ризику аварії (аварійної ситуації)

На підмножині вибраних експертно- критичних точок $\theta_{k_1j}, \theta_{k_2j}, \dots, \theta_{k_mj}, \dots, \theta_{k_{p^i}j} \in Sc_j$

сценарію аварії (аварійної ситуації) Sc_j та відповідних їм інтегральних показників $t_m = \sum_{i=1}^{k_m} t_{k_{m_i}j}$,

$x_m^g \equiv x_{k_{m_i}j}^g(t_{k_{m_i}j}, \theta_{k_{m_i}j}^i), g = \overline{1, \dots, l}$ визначити просторово-часовий розподіл ризику виникнення аварії (аварійної ситуації):

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

$$R(t_m, \theta_{k_m i}) = \sum_{\beta} P_{\beta}(t_m, \theta_{k_m i}) \mu X_{\beta}(x_m^1, x_m^2, \dots, x_m^l); \quad (1)$$

при умові

$$Sc_j = \hat{F}_{ij} Sc_j : T_i + \delta T < T_j, \quad \forall j \in \{Sc\}_{\text{доп}}, \quad i \in \{Sc\}_{\text{доп}} \quad (2)$$

де δT — малий, наперед заданий параметр.

Рішення задачі (1) — (2) можливо за рахунок розробки комплексу взаємопов'язаних математичних моделей, структурна схема яких наведена на рис. 1.

Перша математична модель даного комплексу являє собою систему аналітичних нелінійних рівнянь, що дають змогу розрахувати просторово-часові результати аварії (аварійної ситуації). Невідомою моделі є просторово-часова структура аварії (аварійної ситуації), що являє собою варіант сценарію $Sc_j \in \{Sc\}_{\text{доп}}$. Дана структура може задаватися експертно, або ж знаходитися за допомогою другої математичної моделі. Відповідна модель є нелінійною, дискретною математичною моделлю з невідомими операторами \hat{F}_{ij} , що задаються алгоритмічно. Третя математична модель є системою лінійних аналітичних рівнянь з невідомими значеннями факторів X_1, X_2, \dots, X_k та функцією пріоритетів P , що знаходяться за допомогою методів теорії нечітких множин.

Запропонований комплекс моделей може працювати у кількох варіантах. Якщо структура аварії (аварійної ситуації) є відомою, то для визначення просторово-часової еволюції ризику застосовується схема $1 \oplus 3$ без використання другої моделі. Якщо необхідно розрахувати результати аварії (аварійної ситуації) на заданій структурі, то використовується лише перша модель. При необхідності визначити лише структуру аварії (аварійної ситуації) застосовується комбінація моделей $1 \oplus 2$. Нарешті, за невідомої структури аварії (аварійної ситуації) для визначення просторово-часової еволюції ризику застосовується схема $1 \oplus 2 \oplus 3$. Кожна з вищезазначених комбінацій може знайти своє окреме практичне застосування.

Щоб реалізувати математичну модель визначення структури аварії (аварійної ситуації) (рис. 1), необхідно ідентифікувати оператори еволюції \hat{F}_{ij} даної моделі. Можна показати, що при числі ітерацій $k \rightarrow k_{\text{max}}$ відповідна задача зводиться до еквівалентної задачі календарного планування з обмеженими ресурсами. Математична постановка цієї задачі формулюється наступним чином: на множині сценаріїв аварії (аварійної ситуації) $\{Sc\}$ знайти такий сценарій

$Sc^{\text{opt}}(T; x_1, x_2, \dots, x_l) \in \{Sc\}$, для якого виконується умова:

$$Sc^{\text{opt}}(T; x_1, x_2, \dots, x_l) : T = \min_{j \in M_{Sc}} \sum_{k=1}^{G_j} \max_{i \in \theta_k} (t_{ik}^j + \Delta t_k^j) \equiv \min_{j \in M_{Sc}} T^j \quad (6)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{k=1}^{n+1} \max_{i \in \theta_k} (t_{ik}^j + \Delta t_k^j) = \sum_{k=1}^n \max_{i \in \theta_k} (t_{ik}^j + \Delta t_k^j) + \max_{i \in \theta_{n+1}} (t_{i(n+1)}^j + \Delta t_{(n+1)}^j) \quad (7)$$

$$\forall \theta_k \cap \theta_{k+1} \neq \emptyset : t_{\theta_k}^j + t_{\theta_{k+1}}^j \neq t_{\theta_{k+1}}^j + t_{\theta_k}^j \quad (8)$$

$$G_j : (\forall i \in \overline{1, l} : x_i \leq x_i^{\text{крит}}) \wedge (G_j + 1) : (\exists i \in \overline{1, l} : x_i > x_i^{\text{крит}}) \quad (9)$$

де M_{Sc} — множина сценаріїв аварії (аварійної ситуації); T^j — тривалість j -го сценарію аварії (аварійної ситуації); G_j — число подій у j -му сценарії; t_{ik}^j — час на залучення j -го об'єкту до k -ої події у j -му сценарії аварії (аварійної ситуації); Δt_k^j — час на реалізацію k -ої події у j -му сценарії аварії (аварійної ситуації); $t_{\theta_k}^j$ — тривалість θ_k -ої події у j -ому сценарії; $x_i, i = \overline{1, l}$ —

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

параметри моделі аварії (аварійної ситуації). Обмеження (7) вказує на відсутність пауз між подіями. Умова (8) вказує на залежність тривалості сценарію аварії (аварійної ситуації) від порядку слідування подій у ньому. Обмеження (9) є обмеженнями на ресурси і цілісність інфраструктури сторін аварії (аварійної ситуації). Ці обмеження виконують роль умови завершення аварії (аварійної ситуації). Задача генерації сценарію аварії (аварійної ситуації) (6) – (9) є задачею з обмеженими ресурсами. Вона відноситься до класу задач не поліноміальної складності (NP-задач), і не може бути вирішена точними методами [4]. Рівень складності задачі лежить в межах $L^k < N_{Sc} < (L(2^M - 1))^k$, де L — число блоків, M — число об'єктів, k — число подій у варіанті сценарію аварії (аварійної ситуації) Sc . Він характеризує множину варіантів сценаріїв аварії (аварійної ситуації), на якій необхідно здійснити пошук рішення задачі (6) – (9).

Для розв'язання задачі (6) – (9) розроблено метод матричного генетичного моделювання, що є модифікацією класичного генетичного алгоритму Холланда [5]. Його особливість полягає у тому, що в якості коду рішення пропонується матриця змінної довжини. Її стовпці є упорядкованим набором подій, що характеризують вибраний сценарій аварії (аварійної ситуації), а строки вказують на участь об'єктів при аварії (аварійної ситуації) у вибраних подіях.

Метод матричного генетичного моделювання — стохастичний адаптивний метод, що містить наступні оператори і параметри:

$$GA = (N, f, \theta, \Omega_1, \Omega_2, \psi, \eta, \xi, \tau) \quad (10)$$

де N — початкова множина кодів рішень сценарію; f — цільова функція що співпадає з (6) та обраховується за допомогою математичної моделі аварії (аварійної ситуації); θ — оператор, що випадковим чином вибирає $v = 1, 2$ сценарії із множини M ; Ω_1 — оператор обміну ділянками коду по ширині (оператор кросинговеру 1 роду); Ω_2 — оператор обміну ділянками коду по довжині (оператор кросинговеру 2 роду); ψ — оператор мутації випадковим чином вибраної події сценарію із множини M . В результаті дій операторів Ω_1, Ω_2, ψ створюється $v = 1, 2$ варіанти сценарію, що є модифікаціями вибраних батьківських сценаріїв. Порядок застосування операторів Ω_1, Ω_2, ψ визначається генератором випадкових чисел, так щоб загалом виконувалися умови:

$$\begin{aligned} n \rightarrow n_\tau : P_{\Omega_1}(n) &\rightarrow \bar{P}_{\Omega_1} \\ n \rightarrow n_\tau : P_{\Omega_2}(n) &\rightarrow \bar{P}_{\Omega_2} \\ n \rightarrow n_\tau : P_{\psi}(n) &\rightarrow \bar{P}_{\psi} \\ \bar{P}_{\Omega_1} + \bar{P}_{\Omega_2} + \bar{P}_{\psi} &= 1 \end{aligned} \quad (11)$$

де n — число ітерацій алгоритму; n_τ — число ітерацій, при яких алгоритм завершує свою роботу; $P_{\Omega_1}(n), P_{\Omega_2}(n), P_{\psi}(n)$ — ймовірність застосування операторів Ω_1, Ω_2, ψ на n — ітерацію; \bar{P}_{Ω_1} — середня ймовірність застосування оператора кросинговеру 1 роду до $v = 2$ вибраних сценаріїв; \bar{P}_{Ω_2} — середня ймовірність застосування оператора кросинговеру 2 роду до $v = 2$ вибраних сценаріїв; \bar{P}_{ψ} — середня ймовірність застосування оператора мутації до $v = 1$ вибраного сценарію. Наступний за порядком слідування у (11) — оператор фільтрації η , що перевіряє і коригує створені сценарії у відповідності з правилами логіки аварії (аварійної ситуації). Нарешті оператор ξ знищує $v = 1, 2$ найгірших по значенню функції f сценарії із множини $N + v$; τ — критерій зупинки алгоритму що відповідає порушенню умови обмеження (9) задачі (6).

Таким чином оператори еволюції \hat{F} задаються у вигляді ітераційного процесу:

$$\hat{F} = \hat{M}(k+1) \hat{R}(m, n, k+1) \text{Rand} \{ \hat{\Omega}_1, \hat{\Omega}_2, \hat{\Psi} \} \quad (12)$$

де

оператор зміни структури матриці сценарію: $\text{Rand} \{ \hat{\Omega}_1, \hat{\Omega}_2, \hat{\Psi} \} ; ;$

оператор перевірки коректності розміру матриці:

$$\hat{R}(m, n, k + 1) = \begin{cases} \dim(m, n) \rightarrow \dim(m + 1, n); & \forall i : x_i \leq x_i^{\text{КРИТ}} \\ 1; & \exists i : x_i > x_i^{\text{КРИТ}} \end{cases} \quad (13)$$

оператор перевірки на логіку матриці сценарію:

$$\hat{M}(k + 1) : \tilde{S}_{c_{k+1}} \in \{S_c\} \rightarrow S_{c_{k+1}} \in \{S_c\}_{\text{дон}}; \quad \{S_c\}_{\text{дон}} \subset \{S_c\} \quad (14)$$

Дані оператори вибираються таким чином, щоб виконувалися умови задачі (6) – (9).

Математична модель аварії (аварійної ситуації) та математична модель визначення структури сценарію аварії (аварійної ситуації) програмно реалізовані на мові програмування Java. Серії комп'ютерних експериментів проведено на ПЕОТ з процесором АМД «Atlon-64», 1.8 ГГц тактової частоти.

Висновки. В результаті роботи запропоновано модель просторово-часового розвитку (еволюції) ризику при аваріях (аварійних ситуаціях) небезпечних промислових об'єктів, виникнення яких можливе під впливом різних природних катаклізмів і технічних катастроф з можливим масовим враженням людей. Результати моделювання розвитку аварії (аварійної ситуації) дають порівняльні величини при різних варіантах сценаріїв їх розвитку, що вказує на стійкість реалізованих моделей і методів до випадкових явищ.

ЛІТЕРАТУРА

1. *FM 3-3 Chemical and biological contamination avoidance*, US Government printing office, Nov 1992, 152 pages.
2. *J.F. Reichart Adversarial use of chemical and biological weapons* / J.F. Reichart // Joint force quarterly. — Spring 1998. — P. 130 – 133.
3. *T.N. Dupuy Attrition: Forecasting battle casualties and equipment losses in modern war* / J.F. Reichart. — Fairfax, VA: HERO books, 1990. — 176 p.
4. *М.Т. Джонс Программирование искусственного интеллекта в приложениях* / М.Т. Джонс — М.: ДМК Прес, 2004. — 312 с.

Предложена комплексная математическая модель для определения пространственно-временной эволюции риска разрушений промышленных объектов при авариях (аварийных ситуациях), которая может использоваться во время разработки планов ликвидации аварий (аварийных ситуаций) на предприятиях пищевой промышленности.

Ключевые слова: безопасность, риск, авария, аварийная ситуация

W. Kulinchenko, I. Dubkovetsky

Simulation of spacetime (evolution) risk of dangerous destruction of industrial facilities in emergencies

For making decision about safety operation of industrial object we have to make the analysis of accident development dynamics (accident situation). In this case we have task to create two models — mathematic model of spatiotemporal evolution of accident (accident situations), which is able to offer the most possible variants of its dedevelopment, and mathematic model of structural elements interaction of industrial object, which is able to calculate the interaction result of different structure elements sets of this object during accident (accident situations). This scientific work proposed the complex mathematic model for definition of spatiotemporal evolution of fracture risk of industrial objects in case of accident (accident situations). This model can be used during the accident liquidation plans development (accident situations) in food industry.

Key ords: safety, risk of accident, accident, emergency situation

Одержано редколегією 26.10.2011 р.

О.І. ЧЕРЕВКО, д-р техн. наук,

Л.В. КІПТЕЛА, д-р техн. наук,

В.О. ЗАХАРЕНКО, д-р техн. наук

Харківський державний університет харчування та торгівлі

АНАЛІЗ СТАБІЛЬНОСТІ СТРУКТУРИ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПАСТ З ДИКОРОСЛОЇ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ

Визначено міцність структури багатокомпонентних паст з дикорослої сировини з використанням модифікованого сорбційного методу. Показано, що домішки дикорослої плодово-ягідної сировини з високим вмістом пектину — кизил та обліпіха максимально структурують зразки.

Ключові слова: дикоросла плодово — ягідна сировина, кизил та обліпіха, диференційна функція розподілу мікропор за радіусами, багатокомпонентна паста.

На сьогодні під час виробництва харчових продуктів добавки у вигляді біологічно активних речовин рослинного походження є невід'ємним компонентом сучасних рецептур. Вони у багатьох випадках є продуктами переробки цінної дикорослої плодово-ягідної рослинної сировини (ДПС) [1;2]. Використання ДПС особливо сприятливе для виробництва багатокомпонентних паст. Купажування культурних плодів яблук з різними видами дикорослих різко розширює можливості цілеспрямованого створення багатокомпонентних харчових напівфабрикатів.

Як основний компонент використовували пюре з культурних яблук, а як добавки, які різко змінюють консистенцію, смакові властивості і колір паст використовували пюре з дикорослої сировини: кизил, глід, обліпіха, бузина чорна.

У трикомпонентну композицію, окрім яблук, добирали плоди ДПС з підвищеним вмістом вітамінів і пектинів (обліпіха, глід) і з природними барвними речовинами (бузина чорна, кизил). Отриману масу після подрібнення уварювали впродовж 30 хвилин. У табл. 1. наведено співвідношення рецептурних компонентів паст у композиціях.

Таблиця 1. Рецептурні компоненти паст з ДПС

Компоненти, г	Композиція 1			Композиція 2			Контроль
	1а	1б	1в	2а	2б	2в	
Яблуко	120	140	100	120	140-	100	200
Кизил	60	40	80	—	—	—	
Глід	20	20	20	—	50	—	
Обліпіха	—	—	—	70	10	90	
Бузина чорна	—	—	—	10	—	10	

Найбільш перспективним методом управління консистенцією харчових виробів, який використовувався в даній роботі, є введення в їх рецептуру компонентів, що цілеспрямовано змінюють пористу структуру основи, а також співвідношення вільної і зв'язаної вологи в продукті.

Отримана багатокомпонентна харчова маса, що має високу здатність до зв'язування й утримування вологи, призводить до істотних змін пористості структури готової пасты, а саме: перерозподілу вологи по формах зв'язку, зміни структури — механічних властивостей і

© О.І. Черевко, Л.В. Кіптеда, В.О. Захаренко, 2012

консистенції продукту. Це диктує необхідність встановлення закономірностей формування структури паст за умов зміни співвідношення добавок (три варіанти для кожного зразка). Як критерій, який дозволяє оцінювати структурні зміни в пастах за змін співвідношень компонентів було вибрано дисперсність продукту, оскільки саме розподіл пор у зразках однозначно характеризує співвідношення вільної і зв'язаної вологи, консистенцію продукту.

За умов взаємодії компонентів, що входять до складу паст, провідну роль відіграє поверхня зіткнення часток: чим вона більша, тим міцніше утримуватимуться компоненти, паста не руйнується, а також хімічна спорідненість різних компонентів між собою.

Перший показник надійно контролюється диференціальною функцією розподілу пор за радіусами (ДФР) і найбільш надійний метод її визначення заснований на аналізі ізотерм десорбції. Для побудови ізотерм десорбції або сорбції найчастіше застосовують тензометричний спосіб Ван-Бамелена — статичний метод, згідно з яким зразки з відомим вологовмістом (за умов десорбції) або сухі (під час сорбції) витримують в ексікаторах над водним розчином сірчаної кислоти або деяких солей. Відомій концентрації розчину при цій температурі відповідає певний парціальний тиск пари, тобто відповідне значення ϕ . Зразки періодично зважували на аналітичних вагах з точністю до 0,001 г до досягнення постійної маси, за якої їх вологість набуває рівноважного значення. Проте для вологих продуктів досягнення рівноважного стану продуктів пов'язане з певними труднощами — відбувається псування продукту. Проте саме цей стан є цікавим під час досліджень. Тому робилися численні спроби отримати емпіричним шляхом аналітичний вираз для ізотерм сорбції — десорбції, яке дало б можливість визначити рівноважну вологість продукту за будь-яких значень ϕ , включаючи $\phi = 1$ (гігроскопічне значення).

Загальним недоліком рівнянь, отриманих шляхом обробки дослідних даних по сорбції — десорбції є їх обмежене застосування лише для деяких вузьких інтервалів значень відносної вологості повітря, зважаючи на неповну адекватність цих класичних схем реальної ситуації в харчових продуктах.

Виходячи з рівнянь набрякання і масопровідності, отримано аналітичне вираження, що описує ізотерми сорбції — десорбції харчових продуктів (точність методу 10...12 %).

$$W = W_0 \exp\left(-\frac{a \cdot \ln r + \beta}{r}\right), \quad (1)$$

де W_0 — гігроскопічне значення продукту; a і β — постійні, які знаходяться, виходячи з виду експериментальної ізотерми сорбції — десорбції; r — радіус капіляра, м.

Характерною особливістю цієї методики є те, що постійні a і β , входять у рівняння (1), одночасно входять і в аналітичний вираз, який описує ДФР $f(r)$

$$f(r) = \frac{\beta - a + a \ln r}{r^2} \exp\left(-\frac{a \cdot \ln r + \beta}{r}\right), \quad (2)$$

Це значно спрощує знаходження ДФР для харчових продуктів.

Використання (1), за відповідного вибору значень параметрів a , β , W_0 дозволяє знаходити значення рівноважної вологості кривих сорбції — десорбції в усьому діапазоні відносної вологості повітря, аж до його гігроскопічного значення. Перехід від відносної вологості повітря (ϕ) до радіусів мікрокапілярів (r) здійснюється за формулою [5]

$$r = \frac{2\sigma V}{RT \ln \phi}, \quad (3)$$

де σ — поверхневе натягнення, Н/м; V — молярний об'єм води, моль/м³; R — газова постійна, Дж/град·моль; T — температура, К.

Такий підхід дозволяє легко за експериментальних точках ізотерм сорбції — десорбції визначити параметри a і β (а також за необхідності W_0) і за формулою (2) оцінити дисперсність

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

експериментальних зразків. Ураховуючи той факт, що дисперсність є зворотною величиною середнього радіуса мікрокапілярів \bar{r} , який визначається через $f(r)$

$$\bar{r} = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} rf(r) \cdot dr \quad (4)$$

де r_{\min} — мінімальний радіус пор; r_{\max} — максимальний радіус пор

Для оцінки дисперсності експериментальних зразків можна використовувати максимальне значення на кривій ДФР. Це зручно робити якщо максимальне значення ДФР одного з зразків більше ніж у іншого зразка і зрушено по осі абсцис у бік менших радіусів пор по відношенню до порівнюваного зразка. Чим більше кількість у продуктів пор з меншим радіусом, тим вище дисперсність у зразків і велика поверхня зчеплення (взаємодії) між різними компонентами, що входять в рецептуру. Це, у свою чергу, є непрямим показником міцності створеного нами продукту.

Необхідно також відмітити, що сама методика, тобто знаходження $f(r)$ за ізотермами сорбції — десорбції має наступні допущення: розрахунок зберігає силу лише в межах капілярної конденсації, тобто за умов високих відносних вологостей повітря, коли властивості води в капілярах вважаються такими ж, як для об'ємної фази. І що, найголовніше, — форма пор (капілярів) приймається циліндрична, тобто під час знаходження ДФР ми використовуємо фізичне моделювання пористої структури зразків. Згідно моделлю зразки є набором паралельних крізних капілярів круглого перерізу з розкидом $r_{\min} \leq r \leq r_{\max}$. У роботі було показано, що в завданнях про витікання рідини або газу через пористе середовище у межах «капілярної» моделі виявляється можливим ураховати непостійність перерізу реальних капілярів у пористому середовищі і факт їхнього сполучення в напрямі, що перпендикулярний течії. У той же час у роботі показано, що використання складних моделей для розрахунку проникності пористих систем не виправдане, оскільки призводить до великого ускладнення розрахунків, що призводять, кінець кінцем до тих же результатів.

Для вибраної моделі пористої системи, зазвичай, вводяться наступні основні характеристики: диференціальна функція розподілу (ДФР) пор за радіусами $f(r)$ і загальна пористість П. Диференціальна функція розподілу пор за радіусами визначається дослідниками по різному.

Нами об'ємна ДФР визначається як відносна величина загального об'єму пор:

$$f(r)_v = \frac{dV}{V_p dr} \quad (5)$$

де V_p — повний об'єм пор, зайнятий порами в продукті.

При такому визначенні для функції $f(r)_v$ виконується умова нормування:

$$\int_{r_{\min}}^{r_{\max}} f(r) dr = 1 \quad (6)$$

Ця умова використовується під час математичної обробки результатів виміру $f(r)_v$, оскільки площа пор експериментальних кривих ДФР дорівнюватиме одиниці. А тому виконання умови нормування для ДФР значно полегшує знаходження відсоткового вмісту пор у заданому інтервалі радіусів пор ($\Delta r = r_1 - r_2$) по експериментально знайденою ДФР. Для цього досить на осі абсцис відновити перпендикуляри з точок r_1 і r_2 до перетину з кривою ДФР, а потім обчислити площу, що утворена цими прямими і ділянкою ДФР. У табл. 2 наведені експериментальні значення рівноважних вологовмістів двох композицій.

Для знаходження констант рівняння (1) α і β спочатку використовували експериментальні значення вологовмісту за $\varphi = 0,2$, $\varphi = 0,4$ і $\varphi = 0,9$, а потім за $\varphi = 0,4$, $\varphi = 0,6$, $\varphi = 0,9$. Набутих значень α і β надалі використовували для побудови ДФР за формулою (2). Криві ДФР для зразків з різним вмістом дикорослої сировини наведені на рис. 1, 2.

Таблиця 2. Експериментальні значення початкових вологовмістів зразків і розрахункові значення параметрів ізотерм іДФР

Показник	Зразок						
	1а	1б	1в	2а	2б	2в	контроль
a	0,629 нм	0,821 нм	0,270 нм	0,426 нм	0,492 нм	0,0760 нм	1,48 нм
b	1,308 нм	1,310 нм	1,268	1,20 нм	1,504 нм	0,527 нм	1,77 нм
W_0	0,290	0,370	0,310	0,347	0,360	0,170	0,6
$r_{\text{прев}}$	0,8 нм	1,0 нм	0,5 нм	0,5 нм	0,5 нм	0,2 нм	1,75 нм
$W_r = 0,5$	0,0625	0,086	0,055	0,074	0,051	0,0816	0,106
$W_r = 0,4$	0,088	0,107	0,101	0,116	0,092	0,108	0,111
$W_r = 0,6$	0,125	0,15	0,155	0,169	0,148	0,129	0,150
$W_r = 0,9$	0,233	0,273	0,259	0,280	0,278	0,160	0,370

Наведені криві на рис. 1, 2 є типовими для мікропорової області (радіус пор менше 10^{-7} м), оскільки містять максимуми. Ураховуючи, що дисперсність зразків це величина зворотна середньому радіусу мікрокапілярів (4), то для зіставлення дисперсності різних зразків зручно використовувати $r_{\text{прев}}$ — превалюючі радіуси пор на ДФР.

Очевидно, що чим вище дисперсність зразків, тобто більша кількість радіусів мікрокапілярів, тим більше контактна поверхня між компонентами, які утворюють комбінований продукт і за інших рівних умов сила зчеплення між компонентами буде більше.

З цих міркувань на рис. 1. перевагу слід віддати зразку. 1б, який містить найбільшу кількість кизилу — 40 %. Зниження кизилу до 30 % — зразок 1а або 20 % — зразок 1в значно знижує значення ординати на рис 1. — з $0,373 \text{ Нм}^{-1}$, для зразка 1б до $0,197 \text{ Нм}^{-1}$, для зразків 1б і 1а відповідно.

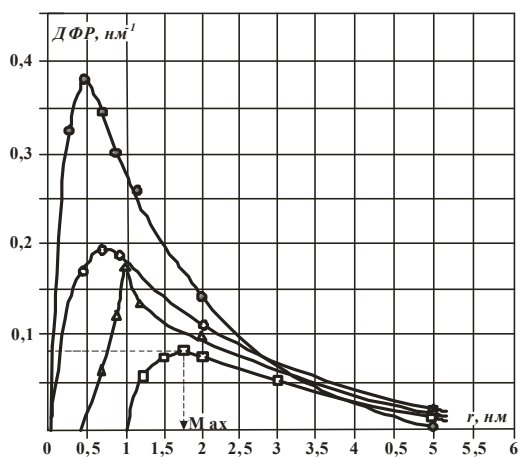


Рис. 1. Диференційна функція розподілення пор за радіусами у пастах:
 ○ - 1а) яблуко 60%, кизил 30%, глід 10%;
 △ - 1б) яблуко 70%, кизил 20%, глід 10%;
 ◐ - 1в) яблуко 50%, кизил 40%, глід 10%;
 □ - контроль 100%

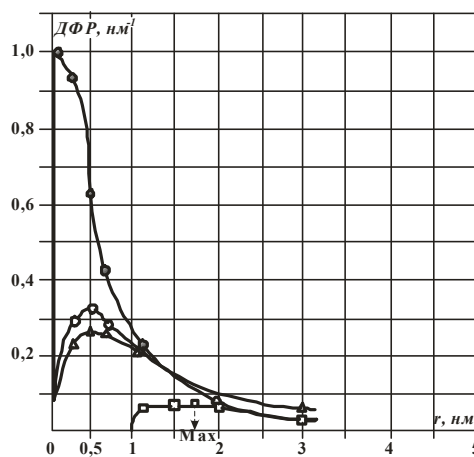


Рис. 2. Диференційна функція розподілення пор за радіусами у пастах:
 ○ - 2а) яблуко 60%, обліпиха 35%, бузина 5%;
 △ - 2б) яблуко 70%, обліпиха 25%, бузина 5%;
 ◐ - 2в) яблуко 50%, обліпиха 45%, бузина 5%;
 □ - контроль 100%

При цьому не лише дуже знижується кількість переважаючих пор, але і максимальний радіус зрушується у бік великих радіусів пор. В той же час, якщо порівняти ДФР створених зразків 1а, 1б, і 1в з контрольним (яблуко), то висока дисперсність перших очевидна. Спектр радіусів пор контрольного зразка не містить явно вираженого максимуму і зрушується по відношенню до комбінованих зразків у бік великих радіусів. Таким чином, аналіз дисперсності паст, що розробляються, до складу яких входять дикоросла сировиназа дисперсності дозволяє

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

оцінити вклад кожної з добавок в збільшенні дисперсності продукту, його питомій поверхні, оцінити силу зчеплення між компонентами, які утворюють комбінований продукт, через поверхню їх зіткнення.

Висновки. Показано, що використання модифікованого сорбційного методу дозволяє оцінити вклад різних консистенцій домішок на структурування паст з дикорослої сировини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Черевко О.І. Фруктові пасти з використанням дикорослої сировини [Текст] / О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, О.Є. Загорулько // Харчова та переробна промисловість. — 2002 — № 3. — С. 18 — 19.

2. Пивоваров П.П. К вопросу повышения уровня экспертизы пористых пищевых продуктов [Текст] / П.П. Пивоваров, В.А. Захаренко, В.А. Потапов // Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування : всеукр. наук.-практ. конф., 21 — 22 жовтня 2009р. : тези доп. — Х. : ХДУХТ, 2009. — С. 247 — 252.

Определена прочность структуры многокомпонентных паст из дикорастущего сырья с использованием модифицированного сорбционного метода. Показано, что примеси дикорастущего плодово-ягодного сырья с высоким содержанием пектина — кизил и облепиха максимально структурируют образцы.

Ключевые слова: дикорастущая плодово-ягодное сырье, кизил и облепиха, дифференциальная функция распределения микропор за радиусами, многокомпонентная паста.

O. Cherevko, L. Kiptela, V. Zakharenko

Analysis of the stability of the structure of multi-pastes from wild fruit and berry raw materials

Three-component pastes from the wild-growing raw material based on the apple puree with the additives from the wild-growing fruit and berry raw material with a large amount of pectin, vitamins and coloring agents are created. For the estimation of the created pastes' stability a modified sorption method, which allows searching analytical expression for the differential distribution function (DIF) of pores by the radii, was used. Comparison of the FID generated samples shows that samples of the pastes with the additives from dogwood, buckthorn, are most structured — dispersion of the samples in this case is maximum.

Key words: wild-growing fruit and berry raw material, dogwood and buckthorn, the differential distribution function of micropores on the radii, multi-component paste.

Одержана редколлегією 11.05.2011 р.

УДК 621.87

О.М. ГАВВА, д-р техн. наук,
В.Б. ЗАХАРЕВИЧ, канд. техн. наук,
М.А. МАСЛО, канд. техн. наук,
С.В. ТОКАРЧУК, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ НАПРЯМКІВ МОДИФІКАЦІЇ ВІДХОДІВ ІЗ ПВХ

Виконано аналіз відходів із ПВХ матеріалів. Встановлена необхідність модифікації відходів із ПВХ для виготовлення із них виробів побутового, технічного та будівельного призначення. Проаналізовано результати різних методів модифікації з точки зору одержання заданих фізико-механічних властивостей.

Ключові слова: відходи, ПВХ матеріали, лабораторне устаткування, методи модифікування, добавки.

Полівінілхлорид як полімерний матеріал широко використовується у харчовій, фармацевтичній і хімічній промисловостях для виготовлення об'ємної жорсткої упаковки, яка виготовляється методами екструзії з роздувом чи термоформування, та для виробництва меблів і виробів для будівництва та інш. [1].

Обсяг використання полівінілхлориду для пакування продукції у світі складає близько 20 % загального обсягу його виробництва, який сьогодні перевищує 20 млн. тон на рік. При цьому 8 – 10 % матеріалу використовується для виготовлення жорсткої ПВХ-плівки для термоформованої тари і пакування [2, 3].

Плівковий та аркушевий ПВХ-матеріал широко використовується для виготовлення легкої прозорої упаковки (корекси, блістер-бокси, контейнери тощо) для пакування кондитерських виробів: халви, меду, коробок для тортів та тістечок, банок і кювет для кисломолочних та жиримістких продуктів (маргарину, майонезу, тваринних жирів, сирів, сметани тощо) і т.п.

Основним вітчизняним виробником ПВХ-плівки є ВАТ «Слов'янський завод «Тореласт», на каландрових лініях якого з 1998 р. опановано випуск жорстких ПВХ-плівок харчового та медичного призначення. Крім того, внаслідок існуючих торгових відносин, підприємства-виробники термоформувальної тари в значних обсягах використовують імпортні ПВХ-плівки з Угорщини, Кореї, Німеччини та інших країн. Загальний обсяг використання ПВХ-плівок для термоформування складає близько 1,8 тис. тон на рік, що приводить до утворення понад 550 тон відходів тільки на стадії виготовлення термоформованих пакувальних виробів.

Особливістю виробництва тари з листових матеріалів є утворення значної кількості (20 – 50 %) технологічних відходів, які у подальшому на підприємствах виробників тари здебільшого використати неможливо. Якщо при виробництві гнучких ПВХ-плівок на заводі-виробнику її технологічні відходи можуть бути використані шляхом повернення їх в технологічний цикл (після подрібнення), то відходи жорстких ПВХ-плівок, що утворюються на підприємствах під час виробництва тари неможливо повернути в технологічний процес і вони постійно накопичуються у виробників термоформувальної тари.

Однією з особливостей ПВХ-сировини, що використовується для виробництва тари, є низька термостабільність, збільшена в'язкість розплаву, високий вміст модифікуючих добавок, а також пластинчата структура відходів після їх подрібнення. Такі властивості відходів із ПВХ роблять їх переробку практично неможливою без відповідної модифікації із-за розклинюючого

© О.М. Гавва, В.Б. Захаревич, М.А. Масло, С.В. Токарчук, 2012

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

ефекту і виникнення внаслідок цього великих навантажень на двигун під час екструдуння матеріалу [4, 5].

Виходячи з вище викладеного були сформовані такі напрями досліджень:

- провести аналіз відходів із ПВХ виробів різного призначення;
- вибрати ефективні методи модифікації ПВХ-відходів;
- визначити технічні вимоги модифікованих ПВХ-відходів.

Відходи із ПВХ, як і з інших матеріалів, умовно можна поділити на технологічні (виробничі) і побутові.

Технологічні відходи отримують під час виготовлення виробів, пакування продукції та її реалізації. Такі відходи, при відповідній організації їх збирання, є технічно чистими і відсортованими, тому одразу можуть подаватись на подрібнення і гранулювання. Побутові відходи — це досить складні матеріальні системи, які потребують їх роздільного збирання з подальшим сортуванням, але і після цього їх потрібно очищати, мити, подрібнювати, сушити і лише після цього подавати на гранулятор [6].

Під час реалізації технології очищення, миття, подрібнення та сушіння потрібно враховувати і те, що вироби із ПВХ можуть бути у вигляді гнучкої і жорсткої плівки, труби, великогабаритних литих виробів (стілці, столи, ємкості тощо).

На початковій стадії отримання зразків для проведення випробувань була передбачена стадія подрібнення із застосуванням лабораторної роторної дробарки з розміщеними в ній сітками, які дають можливість отримати такий гранулометричний склад відходів, з яких можуть бути виготовлені екструзійним методом зразки для випробувань. Тому для проведення випробувань і отримання зразків лабораторне устаткування включало:

- вертикальну роторну дробарку;
- лабораторний змішувач «ТЛЕНК-8» для введення і рівномірного розподілу модифікуючих добавок;
- пластограф „Брабендер PL-15Г”, обладнаний екструзійною насадкою з відповідними головками для одержання зразків у вигляді стрічки з поперечним перерізом 25 x 0,5 мм і прутика перерізом 6x4 мм.

З отриманих стрічки та прутка отримували зразки для випробувань за фізико-механічними, реологічними показниками та кольоростійкості. Оцінку властивостей зразків матеріалу проводили за показниками:

— термостабільність за Конго-Рот при температурі 190 °С за ГОСТ 14041-91 «Пластмассы. Определение тенденции к выделению хлористого водорода. (Термостабильность. Метод Конго Красный)»;

— показник плинності розплаву (ППР) на приладі ЗПРТ за ГОСТ 11645-73 «Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластів» за умов для жорстких матеріалів за температури 190 °С та навантаженні 21,6 кгс;

— фізико-механічні показники: межа міцності та відносне подовження при розтягу за ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение»;

ударна в'язкість за ГОСТ 4647-80 «Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи»;

твердість за Шором за ГОСТ 4670-91 «Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика»;

— кольоростійкість на приладі «Метротест» при температурі 180 °С за інструкцією до приладу.

Технологічні показники композиції визначали на приладі «Пластограф Брабендер PL-2000» з використанням приставки $W = 60$ за температури 194 °С і швидкості обертання ротора 60 об/хв та додатковому навантаженні 10 кгс. За пластограмами оцінювались:

$M_{\text{макс}}$ — максимальний крутний момент, г·м;

$M_{\text{рівн}}$ — рівноважний обертаючий момент, г·м;

$T_{\text{макс}}$ — час виходу на $M_{\text{макс}}$, хв;

$T_{\text{рівн}}$ — час виходу на $M_{\text{рівн}}$, хв;

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

$T_{\text{дин}}$ — тривалість від початку завантаження матеріалу у камеру до початку різкого підвищення крутного моменту після виходу на рівноважний момент, хв.

Вибір наведених вище методів і методик випробування відрізняються від загально-прийнятих методів оцінки плівок тим, що він включає в себе критерії оцінки матеріалу, який призначений для переробки полімерної сировини у профільні вироби методом екструзійного формування або лиття під тиском.

Результати проведеного аналізу властивостей зразків основних видів жорстких ПВХ-плівок, які виготовляються в Україні і плівок, що поставляються із-за кордону для виробництва термоформованої тари наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Результати випробувань вихідних жорстких ПВХ-плівок

Показники	Фірми-виробники				
	Термоплен (м. Славянськ)	Сольвей (Бельгія)	Кале Пентопак (Німеччина)	Пластик (Швеція)	Панопласт (Угорщина)
Межа плинності при розтягу, МПа	55,6	55,8	54,1	57,4	52,4
Відносне подовження, %	26	36	20	37	11
Показник плинності розплаву, г/10 хв.	7,2	8,6	5,3	18,7	4,5
Термостабільність за Конго Рот, при 190 °С, хв.	46	44	35	20	17
Кольоростійкість, за 180 °С хв.	45	48	40	39	45
Ударна в'язкість, кДж/м ²	25,7	21	32	29	35

Як показує аналіз отриманих результатів випробувань, для плівок, які призначені для термоформування, характерні високі значення міцностних показників і ударної в'язкості, а також достатньо високі значення показника плинності розплаву. Однак термостійкість матеріалу плівок, що характеризується показником термостабільності, невисока і знаходиться в межах 17 – 45 хв.

Якщо для технології формування за циклом нагрівання 10 – 20 секунд цієї термостабільності достатньо, то при повторній переробці матеріалу екструзійним способом можуть виникнути ускладнення із-за низького значення цього показника.

Для оцінювання властивостей відходів ПВХ-плівок і вибору напрямку покращення технологічних показників цих плівок були проведені дві серії випробувань.

Перша серія випробувань проведена для визначення показників «Індекс розплаву» і «Термостабільність» зразків подрібнених відходів плівок, які одержані від основних споживачів плівкових матеріалів, а саме:

- змішані подрібнені відходи від переробки плівки «Термоплен» (Тореласт, Україна);
- відходи від блістер-пакування з прозорої плівки «Пентоклеар» (Німеччина);
- відходи виробництва термоформувальної тари на «Рено-Пак» з плівки «Онгрофол» (Угорщина);
- відходи від виробництва тари для пакування майонезу із плівки «Кориплен» (Росія);
- відходи плівки типу «Пентоформ» від блістер упаковки (прозора);
- відходи плівки типу «Пентоформ» від блістер упаковки (коричнева).

Відходи плівок, які не мають у своєму складі алюмінієву фольгу, були випробувані на лабораторному устаткуванні (екструзійна насадка до пластографу «Брабендер») з відпрацюванням режимів переробки і визначенням навантажень на двигун.

Результати випробувань і технологічні параметри переробки відходів наведені у табл. 2.

Як показує аналіз результатів випробувань, відходи плівок різних видів при порівняно високому значенні індексу розплаву, мають низьке значення термостійкості (показник «Термостабільність» знаходиться в межах 21 – 32 хв.). Під час переробки відходів відзначається високе значення навантажень на двигун. Крутний момент знаходиться в межах 4000 – 6500 г·м, що значно перевищує такі ж значення для використовуваних на сьогодні профільних ПВХ-композицій, навантаження на двигун для яких знаходиться в межах 1800 – 2600 г·м.

Переробка відходів з такими властивостями на промисловому обладнанні, як відомо з практики, не може бути реалізована.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Метою другої серії випробувань було — визначити можливі напрямки модифікації технологічних властивостей відходів з доведенням зазначених властивостей до вимог, що висуваються до композицій для виробництва профільних виробів.

Таблиця 2. Результати випробувань технологічних властивостей відходів різних видів плівок

Показники	Властивості відходів із плівок марок:					
	Термоплен	Пентоклеар	Онгрофол	Кориплен	Пентоформ	
					прозора	проз. коричн.
Термостабільність за Конго Рот, при 190 °С, хв.	25	28	26	32	27	21
Індекс розплаву, г/10 хв.	9,2	9,5	26,0	6,1	8,4	9,6
Крутний момент, Гм	6000	6500	4000	6500	—	—

Оптимальні параметри переробки: температура в різних зонах екструдера, °С: I — 165°, II — 170°, III — 180°; Число обертів шнеку, об/хв — 20

З технічних джерел та виробничого досвіду відомо, що ПВХ-композиції можуть успішно перероблюватись методом екструзії на промисловому обладнанні за таких значень технологічних властивостей.

- термостабільність — не нижче 70 хв.;
- динамічна термостабільність — не менш 15 хв.;
- рівноважний крутний момент — не вище 2600 г·м.

Ці показники було вибрано як критерії оцінки технологічних властивостей відходів для можливого перероблення їх у профільні вироби. Для попередніх випробувань модифікації відходів було вибрано зразок подрібнених відходів, наданий підприємством «Укрековатор», який попередньо здійснив збір та подрібнення цих відходів у кількості більш ніж 10 тон. Численні спроби переробити ці відходи без модифікації не дали позитивних результатів, тому і було обрано ці відходи для проведення досліджень.

Модифікуючими добавками введення яких повинно, на наш погляд, поліпшити технологічні властивості матеріалу, було вибрано такі компоненти:

- діоктилфталат (ДОФ);
- стеарат кальцію;
- барій-кадмієвий стабілізатор КБК-1;
- трансформаторне масло;
- епоксидована соєва олія (ЕСО);
- амідне мастило Армовакс XV 440.

Варіанти модифікованих відходів та їх властивості наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Результати випробувань відходів ПВХ-плівки з модифікуючими добавками

Склад відходів	Варіанти складу, мас.ч.				
	1	2	3	4	5
Подрібнені відходи	100	100	100	100	100
Стеарат кальцію	—	0,4	—	0,5	0,5
ДОФ	—	0,33	—	—	—
Трансформаторне масло	—	0,5	—	—	—
Стабілізатор КБК-1	—	5,0	—	—	—
ЕСО	—	—	2,0	2,0	1,5
Мастило Армовакс W 440	—	—	—	—	0,3
Властивості композицій					
Найменування показника	1	2	3	4	5
Термостабільність, хв	40	60	58	77	65
Межа плинності при розтяганні, МПа	54,5	52,8	—	51,0	54,5
Відносне подовження при розриві, %	10	21	—	33	33
Рівноважний крутний момент, Н·м	26	23	22,5	22	22
Динамічна термостабільність, хв.	9	15	10	18	25

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Як видно з наведених результатів випробувань, використання для модифікування ДОФ, стеарату кальцію, мінерального масла та стабілізатору (рец. 2) дає можливість в деякій мірі поліпшити властивості відходів. Але найкращій результат отримано при введенні ЕСО, стеарату кальцію та високоєфективного мастила Армовакс W 440 (рец. 5).

Таким чином, основним напрямком використання відходів ПВХ є модифікування їх шляхом введення системи добавок, основу яких складає ЕСО.

Подальші дослідження потрібно продовжувати у напрямку уточнення складу модифікуючих добавок, відпрацювання технології підготовки і використання модифікованих відходів та широкої промислової перевірки стабільності переробки модифікованого матеріалу у виробі конкретного призначення.

Висновки. На основі аналізу літературних джерел і статистичних даних встановлено, що відходи із ПВХ матеріалів в Україні, в основному, відправляються на звалища. Однак, при налагодженні роздільного збирання і сортування відходів, із них можна одержати додаткові матеріальні ресурси, які при відповідних технологіях забезпечують виробництво виробів технічного і побутового призначення.

Проведеними дослідженнями встановлено, що основне завдання під час перероблення відходів ПВХ є розділення технології модифікації відходів для виготовлення виробів промислового і побутового призначення. Як вирішення такого завдання виконано наступні роботи:

- проведено аналіз існуючих технологій перероблення відходів із ПВХ матеріалів;
- лабораторно визначено технічні властивості виробів із ПВХ та їх відходів після використання;
- проведено комплекс експериментальних досліджень по оцінці властивостей перероблених і модифікованих ПВХ виробів;
- встановлено, що основним напрямком модифікування відходів із ПВХ є введення добавок, основу яких складає ЕКО.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Замотаев П.В.* Жесткие ПВХ-пленки в упаковке / Замотаев П.В. // Упаковка № 6, 2006. — С.15 — 19.
2. *Материалы IV* Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов» / Харьков. — 2007. — 310.
3. *Мировой и европейский рынок пластмасс* // Plastics Review (Ukraine Edition) — 2005. — С. 4 — 5.
4. *Шапошников С.С.* Стабілізація полівінілхлоридних плівок / Шапошников С.С. // Упаковка № 5. — 2002. — С. 18 — 19.
5. *Милицкова Е.А.* Переработка отходов пластмасс / Е.А. Милицкова, И.И. Потапов. — М.: «Авис Оригинал», 1997. — 159 с.
6. *Соломенко М.* Аддитивы в производстве изделий на основе ПВХ / Соломенко М. // Полимеры — деньги. — 2004. — № 2. — С. 54 — 56.

Проведен анализ отходов из ПВХ материалов. Выявлена потребность модификации отходов из ПВХ для изготовления из них изделий бытового, технического и строительного назначения. Проанализированы результаты различных методов модификации с точки зрения получения заданных физико-механических свойств.

Ключевые слова: отходы, ПВХ материалы, лабораторное оборудование, методы модифицирования, добавки.

O. Gavva, V. Zakharevych, M. Maslo, S. Tokarchuk

Research of basic directions of modification of wastes by PVC

The analysis of wastes is conducted from PVC of materials. The necessity of modification of wastes is educed from PVC for making from them different wares. The

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

results of different methods of modification are analysed from the point of view of receipt of the set properties. It is set that a basic task during processing of wastes of PVC is a division of technology of modification of wastes for making of wares of the industrial and domestic setting. As a decision of such task, next works are executed: technical properties of wares are laboratory certain from PVC and their wastes after the use; the complex of experimental researches is conducted as evaluated by properties of the done and modified PVC wares; it is set that basic direction of retrofitting of wastes from PVC are introductions of additions basis of that is made by ECO.

Keywords: wastes, PVC materials, laboratory equipment, methods of retrofitting, addition.

Одержана редколлегією 14.05.2011 р.

УДК 676.24:664.14

В.А. ОСИКА, канд. техн. наук,**К.В. МОСТИКА**,**О.В. РОМАНЕНКО**, канд. техн. наук*Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ*

ВПЛИВ ПАПЕРОВИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ЦУКРИСТИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

У статті надано результати дослідження впливу пакувальних матеріалів на збереження якості кондитерських виробів у процесі зберігання за органолептичними, фізико-хімічними та реологічними показниками.

Визначено, що використання запропонованих матеріалів у кондитерській промисловості дозволяє знизити рівень виділення вологи з продуктів та подовжити термін їх зберігання.

Ключові слова: кондитерські вироби, паперові пакувальні матеріали, водонепроникність паперу, виділення вологи, термін зберігання.

Стрімкий розвиток кондитерської галузі в Україні сприяє утворенню значних обсягів запасів продукції такого виробництва, які в нестабільних умовах українського ринку товарів можуть з різноманітних причин затримуватися на складах підприємств-виробників, полицях магазинів, у зонах митного контролю та інших місцях їх зберігання та товароруку. В таких випадках, власник продукції повинен бути абсолютно впевненим у тривалому збереженні її якості.

Основним процесом, який впливає на швидке зниження рівня споживних властивостей цукристих кондитерських виробів, є втрата вологи, яка відбувається за рахунок її викристалізації молекулами сахарози [1]. Саме тому збереження вологи в кондитерських виробках у процесі зберігання є актуальним питанням для підприємств цієї галузі.

Дослідженням цього питання займається О.О. Гавва [2]. Основна увага її робіт приділяється сповільненню процесу кристалізації за рахунок розширення метастабільної зони розчинів сахарози шляхом додавання до них розчинних речовин. До таких речовин відносяться усі цукри, декстрини, крохмальна патока, інвертний сироп та ін. В роботі доведено ефективність використання цих речовин, однак також зазначено, що значного ефекту в збереженні якості кондитерських виробів можна досягти лише в поєднанні з оптимальними пакувальними матеріалами. В якості таких матеріалів автор пропонує використовувати металізований поліпропілен, однак дослідження Л.А. Коптюха [3], свідчать про те, що, у зв'язку зі складністю технології виготовлення такого матеріалу та стрімким зростанням цін на його сировину, вартість металізованого поліпропілену значно перевищує вартість паперових пакувальних матеріалів з аналогічними властивостями.

Тому метою наших досліджень було доведення ефективності використання водонепроникних паперових пакувальних матеріалів при зберіганні цукристих кондитерських виробів з широкою метастабільною зоною розчинів сахарози. В якості таких виробів обрано желейні неглазуровані цукерки та східні солодощі «Рахат Лукум», що виготовлені за традиційною рецептурою. Желатин та крохмальна патока у складі цих цукерок дозволяють максимально стабілізувати збереження якості за рахунок модифікації хімічного складу виробів, а тому зміни, що відбуватимуться у процесі зберігання, будуть пов'язані лише з умовами зберігання та видом пакувальних матеріалів, що і забезпечує чистоту експерименту.

Досліджувані зразки цукерок зберігалися упакованими у водонепроникний паперовий пакувальний матеріал марки В-50, виготовлений за описом патенту України № 61813 [4], та найближчий аналог, пакувальний папір, виготовлений за описом патенту України № 40014 [5].

© В.А. Осика, К.В. Мостика, О.В. Романенко, 2012

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Що стосується умов зберігання, то за вимогами стандартів [6 – 7] желейні неглазуровані цукерки та східні солодощі повинні зберігатися при відносній вологості повітря 75 % та температурі $18 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ і $18 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідно. Однак гігроскопічні властивості цих виробів у межах термінів зберігання, що передбачені стандартами, мало змінюються при зміні відносної вологості повітря за низьких температур. Але підвищення температури при постійному значенні відносної вологості повітря викликає різкі коливання вологовмісту цукерок [2]. Саме тому зберігання досліджуваних зразків при відносній вологості повітря 70 – 75 % та нерегульованій температурі від 15 до 30 $^\circ\text{C}$, що є найбільш близьким до реальних умов зберігання кондитерських виробів, особливо у літній період, дає можливість виявити зміни значень показників якості під час зберігання цих продуктів.

Дослідження зміни якості цукерок у процесі зберігання проводилося за органолептичними, фізико-хімічними, структурно-реологічними та мікробіологічними показниками, на характеристики та значення яких впливають зміни вологовмісту продукту.

Результати дослідження зміни органолептичних показників, які є основними споживними властивостями кондитерських виробів, у процесі зберігання наведено в таблиці.

Зміни органолептичних показників кондитерських виробів при зберіганні

Термін зберігання	Характеристика змін, що відбуваються у процесі зберігання			
	Желейні цукерки		Рахат Лукум	
	В-50	Папір-аналог	В-50	Папір-аналог
Свіжі вироби	Форма цукерок прямокутна. Поверхня гладка, рівна, суха і тьмяна зверху та знизу, злегка липка та блискуча в місцях розрізання. Колір насичений темно-фіолетовий, добре просвічується на світлі. Сторонні включення відсутні. Смак і запах виражені, слабо відчутний запах ароматизатора. Консистенція м'яка, пружна, цукерка не прилипає під час жування.		Форма солодощів прямокутна, нерівномірною, краї нерівні, розмір не однаковий. Поверхня рівномірно вкрита цукровою пудрою. Консистенція драгледоподібна, тягуча, в'язка, злегка прилипає під час жування. Тонкий та характерний смак, виражений аромат, відсутні сторонні присмаки та запахи. Колір світло-коричневий (характерний даному виду), тьмянний, прозорий в тонких шарах.	
14 діб	Поверхня в місцях розрізання злегка присохла, але не потьмяніла	Поверхня повністю присохла та потьмяніла	Показники відчутно не змінилися	Злегка послабився аромат
30 діб	Поверхня повністю присохла, потьмяніла, аромат злегка послабився, але одночасно і пом'якшав	Під час жування відчутні кристали цукру, аромат слабкий, колір злегка потьмянів	Послабився аромат, присипка стала нерівномірною	Відчутно затверділа консистенція
60 діб	Аромат послабився, з'явилися поодинокі кристали цукру на поверхні, колір злегка потьмянів	Поверхня помітно всохла, з'явилися невеликі заглибини, консистенція тверда, нерівномірною. Подальше зберігання є недоцільним	Консистенція злегка затверділа, колір потьмянів	Аромат відчутний слабо, консистенція тверда біля поверхні, що затрудняє розжовування
90 діб	На поверхні з'явилися помітні деформації внаслідок усування, з'явилася тонка кірочка, смакові характеристики відчутні слабо. Подальше зберігання є недоцільним	Дослідження не проводилися	Консистенція тверда біля поверхні, аромат слабкий	Консистенція тверда, що створює труднощі у споживанні, аромат відсутній, поверхня злегка зморшкувата. Подальше зберігання є недоцільним
120 діб	Дослідження не проводилися		Поверхня злегка зморшкувата, смакові відчуття бідні, відчувається лише солодкий смак, аромат відсутній. Подальше зберігання є недоцільним	Дослідження не проводилися

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Проаналізувавши зміни органолептичних показників кондитерських виробів у процесі зберігання можна стверджувати, що основним процесом, який впливає на зміну їх якості є втрата вологи, тобто усихання продукту. Воно супроводжується втратою блиску поверхні цукерок та потьмянінням солодошів, зміною форми та затвердінням консистенції виробів, що головним чином знижує їх споживні властивості, оскільки створює труднощі під час жування. Втрата вологи супроводжується також виділенням ароматичних речовин, про що свідчить постійне зниження інтенсивності аромату від початку зберігання. Проте зниження органолептичних показників продуктів, що упаковані в різні пакувальні матеріали, відбувається неоднаково. Основним критерієм, за яким визначалась доцільність подальшого зберігання желейних цукерок, була їх твердість. Цукерки, що упаковані у водонепроникний паперовий пакувальний матеріал були придатними до споживання протягом трьох місяців, після чого кірка на поверхні стала твердою для кусання. У цукерках же, що упаковані в папір-аналог, помітні процеси кристалізації сахарози спостерігалися вже після першого місяця зберігання, а їх зберігання протягом двох місяців призвело до майже повного затвердіння. На відміну від желейних цукерок, східні солодоші «Рахат Лукум» не черствіють під час тривалого зберігання, однак втрата вологи призводить до збільшення їх в'язкості, що викликає не тільки труднощі під час розкусування, а й значно посилює прилипання виробу під час жування. Рахат Лукум, упакований у водонепроникний паперовий матеріал зберігав споживні властивості на допустимому рівні протягом чотирьох місяців, на відміну від виробів, упакованих в папір-аналог, що втратили якість уже після трьох місяців зберігання.

Суттєвий зв'язок втрати якості із усиханням продукту доводять і результати визначення вмісту сухих речовин у досліджуваних зразках, що є оберненим показником по відношенню до вмісту вологи в продукті (рис. 1).

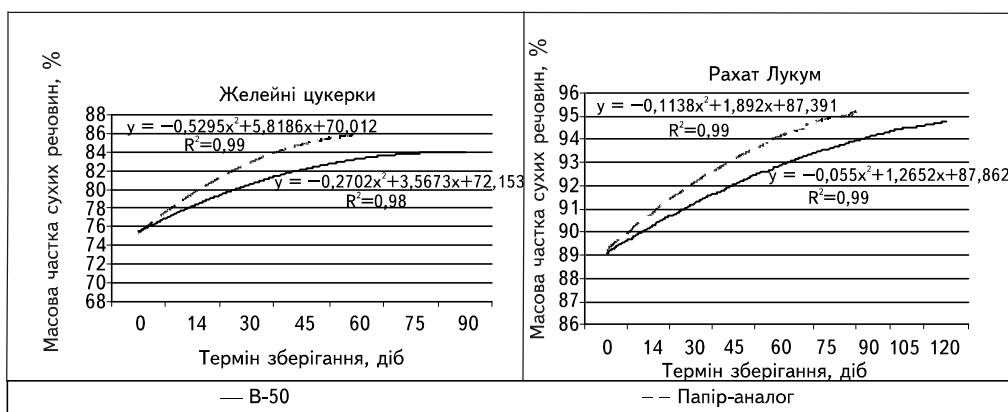


Рис. 1. Зміна масової частки сухих речовин у досліджуваних зразках кондитерських виробів при зберіганні

Аналіз змін масової частки сухих речовин у досліджуваних зразках кондитерських виробів показує, що її зростання відбувається неоднаково залежно від виду виробу та пакувального матеріалу. Швидка втрата вологи желейними цукерками у порівнянні зі східними солодошами пояснюється наявністю початкових центрів кристалізації, які утворюються внаслідок підсушування поверхні цих виробів у процесі виробництва. До того ж, метастабільна зона виробів із використання крохмалю, який є основним компонентом Рахат Лукуму, є ширшою, ніж у желейних цукерок [2], а тому і викристалізація вологи відбувається в таких виробках повільніше. При зберіганні досліджуваних зразків у водонепроникному паперовому пакувальному матеріалі вдалося стримати процес виділення вологи з продукту і, таким чином, стабілізувати рівень споживних властивостей протягом подовженого терміну. До того ж, кратність зростання терміну зберігання виробів, за рахунок використання запропонованих пакувальних

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

матеріалів, прямо залежить від швидкості втрати вологи. Адже, утримання мікроклімату в середині паперового пакувального матеріалу на стабільному рівні відбувається не постійно і з часом вирівнюється із навколишнім середовищем. Тому, якщо процес виділення вологи з продукту відбувається повільніше, ніж пакувальний матеріал може її утримувати всередині пакування, то використання такого матеріалу стає недоцільним. Такі тенденції показали і результати визначення зміни вмісту сухих речовин у досліджуваних виробках, адже в обох випадках термін зберігання продовжився на місяць, хоча для желейних цукерок він склав 90 діб, а для Рахат Лукуму — 120. Таким чином, можна спрогнозувати, що використання водонепроникних паперових пакувальних матеріалів в кілька разів може подовжити термін зберігання мармеладу, кулінарних кондитерських виробів та інших виробів, що характеризуються швидкою втратою вологи.

Необхідно також зазначити, що процес виділення вологи із виробів з часом уповільнюється. Це пояснюється тим, що у внутрішніх шарах продукту волога утримується сильніше, а швидке її випаровування з поверхні призводить до утворення кірочки, що спостерігалось в обох зразках, у желейних цукерок — підсихання, а з часом і зачерствіння поверхні, а у Рахат Лукуму — поступове її затвердіння. Запобігти цьому можна за рахунок уповільнення процесу втрати вологи за рахунок використання паперових пакувальних матеріалів, адже порівняння органолептичних показників виробів із однаковим вмістом вологи свідчить про наявність тоншої кірочки та м'якшої консистенції виробів, що зберігалися у зазначених матеріалах, у порівнянні зі зберіганням у папері-аналозі.

Швидкість процесу черствіння цукристих кондитерських виробів також залежить від вмісту редукувальних речовин (рис. 2), які підвищують гігроскопічність продуктів.

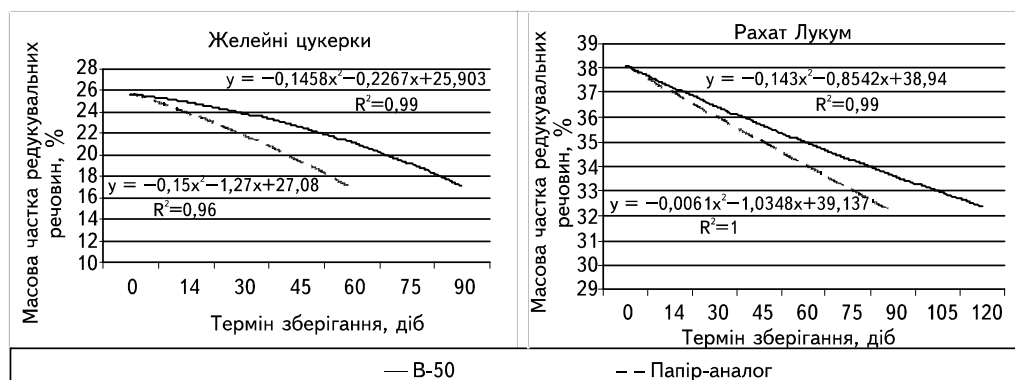


Рис. 2. Зміна масової частки редукувальних речовин у досліджуваних зразках кондитерських виробів при зберіганні

Динаміка зміни масової частки редукувальних речовин у досліджуваних кондитерських виробках свідчить про зменшення їх вмісту в продукті. Швидкість цього процесу, як показали дослідження також залежить від виду пакувального матеріалу. Це пояснюється тим, що основною властивістю редукувальних речовин в кондитерських виробках є відновлення цукрів та інших продуктів, які утворюються внаслідок гідролізу сахарози та окиснення інших компонентів виробу в лужному середовищі (рН досліджуваних зразків знаходиться на рівні 3,0 — 3,2). Швидкість накопичення таких речовин відповідно залежить від інтенсивності доступу кисню до продукту, а повітропроникність запропонованих пакувальних матеріалів є значно нижчою, ніж значення аналогічного показника паперу-аналого. Як наслідок, редукувальні речовини не вступають в реакції відновлення, а зниження їх вмісту у продукті відбувається повільніше. До того ж, швидке зниження вмісту редукувальних речовин у кондитерських виробках сприяє не тільки їх зачерствінню, а й утворенню, внаслідок протікання складних реакцій, різноманітних речовин, які часто можуть бути шкідливими для здоров'я людини. Адже, поруч із меланоїдинами, які найчастіше утворюються внаслідок взаємодії редукувальних речовин та білків, в цукерках накопичуються також різноманітні органічні кислоти, що призводить до зростання загальної кислотності продукту (рис. 3).

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

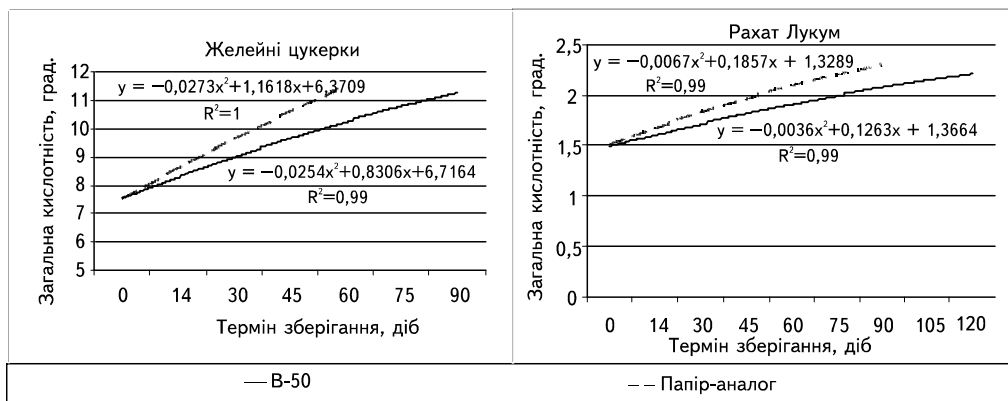


Рис. 3. Зміна загальної кислотності досліджуваних зразків кондитерських виробів при зберіганні

Результати дослідження зміни загальної кислотності кондитерських виробів у процесі зберігання підтверджують, що накопичення кислот у продуктах, що зберігалися у водонепроникних паперових пакувальних матеріалах відбувалося повільніше, ніж у виробках, упакованих у папір-аналог. Та все ж безпосередньо від виду пакувального матеріалу це не залежить, а є наслідком порівняно нижчої активності редукувальних речовин. До того ж, динаміка збільшення загальної кислотності виробів є нижчою, порівняно з динамікою зменшення масової частки редукувальних речовин, а це означає, що внаслідок окиснення останніх утворюються не тільки кислоти. Як уже було зазначено, такими речовинами можуть бути меланоїдини, що підтверджується незначним потемнінням як цукерок, так і Рахат Лукуму не лише на поверхні, а й по всій масі виробу.

Зачерствіння желейних цукерок та затвердіння східних солодоців, що відбувається внаслідок втрати вологи та зниження масової частки редукувальних речовин, підтверджується не тільки органолептичними показниками, а й структурно-реологічними (рис. 4 – 5).

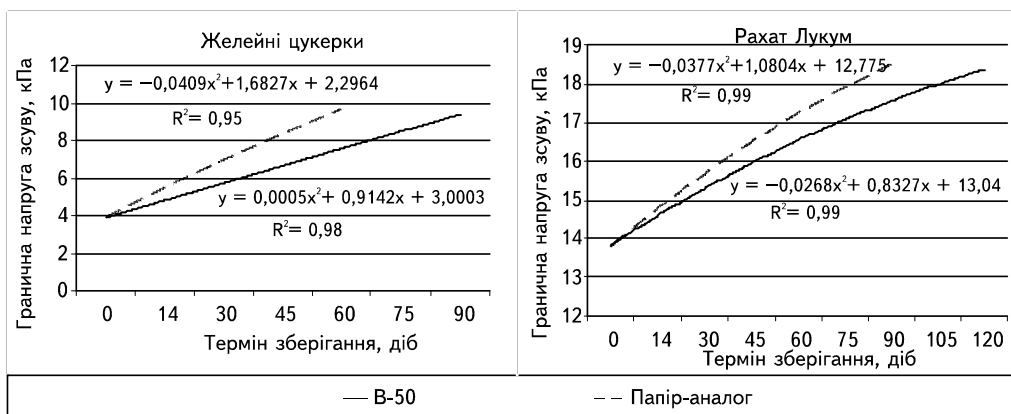


Рис. 4. Зміна граничної напруги зсуву досліджуваних зразків кондитерських виробів при зберіганні

Як показують зміни граничної напруги зсуву, затвердіння досліджуваних цукерок відбуваються за тією ж динамікою, що і зростання масової частки сухих речовин. Однак інтенсивність зростання цього показника у желейних цукерок з часом зростає, а у Рахат Лукуму, навпаки, зменшується. Це пояснюється поступовим зацукрюванням поверхні желейних цукерок, а збільшення товщини цієї кірочки призводить до зростання сили опору, який чинить продукт на проникаючий металевий індентор. Швидкість зростання граничної напруги зсуву у виробках, що упаковані у водонепроникний паперовий пакувальний матеріал, є також нижчою, порівняно із виробами, упакованими у папір-аналог.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

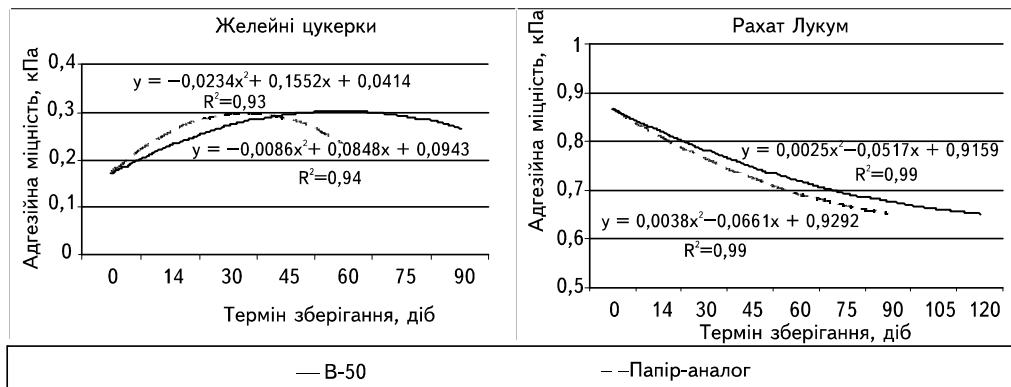


Рис. 5. Зміна адгезійної міцності досліджуваних зразків кондитерських виробів при зберіганні

Результати визначення адгезійної міцності показують, що липкість желейних цукерок спочатку зростає, а з часом починає зменшуватись. Це можна пояснити тим, що вищезгадане зацукрювання їх поверхні призводить до зміщення вологи в центр продукту. В результаті гідролізу сахарози призводить до накопичення редукувальних речовин і, відповідно, збільшення липкості. Однак зростання кількості редукувальних речовин відбувається лише в середині продукту, про що свідчить загальне зниження їх масової частки, а тому з часом, коли вміст вологи значно зменшується, гідроліз сахарози припиняється, вміст редукувальних речовин починає зменшуватись, а відповідно і зменшується адгезія на міцність цих цукерок. У східних солодоцвів виділення вологи в масі проходить більш рівномірно, ніж у цукерках, а тому і липкість продукту постійно зменшується.

Вміст вологи в продукті безпосередньо впливає і на розвиток мікроорганізмів, однак досліджувані вироби за рахунок високого вмісту цукру (62 % в желейних цукерках та 66 % у Рахат Лукумі) не є сприятливим середовищем для їх росту. Результати визначення мікробіологічних показників свідчать про відсутність бактерій групи кишкової палички (y 0,01 г продукту), мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, плісневих грибів та дріжджів (y 1 г) протягом усього терміну зберігання в усіх досліджуваних зразках.

Висновки. Таким чином, застосування водонепроникних паперових пакувальних матеріалів дозволяє понизити та стабілізувати рівень виділення вологи із цукристих кондитерських виробів, що в першу чергу впливає на збереження органолептичних показників, уповільнення окисно-відновних реакцій в продуктах та процесів затвердіння цих виробів. Це сприяє подовженню терміну зберігання кондитерських виробів до рівнів, що передбачені для цих продуктів, упакованих у полімерні та комбіновані пакувальні матеріали.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Зубченко А.В.* Изменения в конфетах в процессе их хранения / Зубченко А.В. // Хлебопекарская промышленность. — 1987. — № 6. — С. 39 — 43.
2. *Гавва О.О.* Удосконалення технологій неглазурованих цукерок з метою подовження терміну їх зберігання: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.18.01 / Гавва Олена Олександрівна; Національний ун-т харчових технологій. — К., 2006. — 20 с.
3. *Коптиух Л.А.* Composite packaging materials: innovations and perspectives of usage / L.A. Koptiukh, V.A. Osyka // Proceedings 17-th IGWT Symposium. Volume II. — Romania. — 2010. — S. 982 — 987.
4. *Патент 61813 України*, МПК В65D 65/42 D21H 17/20. Склад розчину для надання водонепроникності паперу // В.А. Осика, Л.А. Коптюх, К.В. Мостика. — Опубл. 25.07.2011. — Бюл. № 14. — 4 с.
5. *Патент 10014 України*, МПК D21H 27/10. Пакувальний папір // Л.А. Коптюх, Л.М. Вайсман, С.Ф. Горбач. — Опубл. 16.07.2001. — Бюл. № 6. — 4 с.

6. ДСТУ 4135-2002. Цукерки. Загальні технічні умови.

7. ДСТУ 4688:2006. Східні солодоці типу м'яких цукерок. Загальні технічні умови.

В статті представлені результати дослідження впливу упаковочних матеріалів на збереження якості кондитерських виробів в процесі зберігання по органолептичним, фізико-хімічним і реологічним показателям.

Визначено, що використання запропонованих матеріалів в кондитерській промисловості дозволяє знизити рівень виділення вологи з продуктів і продовжити термін їх зберігання.

Ключевые слова: кондитерские изделия, бумажные упаковочные материалы, водонепроницаемость бумаги, выделение влаги, срок хранения.

V. Osika, K. Mostika, O. Romanenko

Effect of paper packaging materials on preservation of quality of sugar confectionery products

In the article the relevance of analysis of the influence of packaging materials on preservation of quality of sugar confectionery products during storage is substantiated. The fact that exudation of water is the main process affecting loss of quality of these products is theoretically proved.

The authors give the results of research and make comparative analysis of loss of quality of unglazed jelly candies and orient sweets «*Rahat Lokum*», packed in waterproof paper packaging materials and analogue paper during storage.

It is determined that using waterproof paper packaging may reduce moisture loss of sugar confectionery products, which is achieved by prolonging the period of storage.

Key words: confectionery products, paper packaging materials, paper impermeability, exudation of water, shelf-life.

Одержана редколлегією 10.12.2011 р.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 519.24:62.50

М.Д. КОШОВИЙ, д-р техн. наук, проф.,
О.С. ЧУЙКО

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

О.М. КОСТЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Полтавська державна аграрна академія

ОПТИМАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ ПОПКОРНА В МІКРОХВИЛЬОВІЙ ПЕЧІ

Досліджувався технологічний процес приготування попкорну в мікрохвильовій печі. Була виконана оптимізація плану проведення експерименту для цього дослідження технологічного з використанням методу гілок та меж. Показана ефективність використання алгоритмів оптимізації планів експериментів по вартісним і часовим витратам на їх проведення дозволяє рекомендувати їх для оптимізації інших досліджень в харчовій промисловості.

Ключові слова: технологічний процес, попкорн, експеримент, планування, метод гілок і меж, оптимізація, вартість, час.

При рішенні задач оптимізації й керування різними технологічними процесами виникає проблема одержання їх математичних моделей. При цьому доцільно одержувати ці моделі при мінімальних вартісних і часових витратах, що особливо важливо при дослідженні дорогих і тривалих процесів.

Відомі алгоритми синтезу оптимальних по вартісних або часових витратах композиційних планів другого порядку методом гілок і меж: 1) заснований на використанні цього методу «у чоло» для оптимізації початкового плану [1]; 2) заснований на одержанні першого й останнього рядку матриці планування методом прямого перебору, а потім отриманий план оптимізується методом гілок і меж [2]. Також на основі цього методу розроблений алгоритм двопараметричної оптимізації композиційних планів, де один з параметрів виступає як обмеження [3]. У роботі [4] наведені результати дослідження технологічного процесу виготовлення попкорну в мікрохвильовій печі із залученням класичних методів планування експерименту. Недоліком цих методів є те, що не враховується вартість і час проведення експериментів по синтезованих планах.

Ціль роботи: синтезувати оптимальні по вартісних і часових витратах плани експерименту для дослідження технологічного процесу приготування попкорна й оцінити ефективність цих планів.

При дослідженні технологічного процесу приготування попкорна в мікрохвильовій печі [4] в якості домінуючих факторів, що впливають на якість попкорна, були обрані: X_1 — ціна пакета кукурудзи для приготування попкорна, ум. од.; X_2 — час приготування, хв.; X_3 — потужність мікрохвильової печі, середня або висока; X_4 — наявність попереднього підігріву; X_5 — наявність підняття підносу. В якості критеріїв оптимізації були обрані: кількість кукурудзи, що залишається нерозкритою; смакова якість попкорна. Початковий план експерименту для дослідження даного технологічного процесу [4] наведений у табл. 1. Вартість і час зміни рівнів факторів наведені в табл. 2. Вартість реалізації експерименту за початковим планом становить 71,78 ум. од., а час — 96 хв.

© М. Д. Кошовий, О. С. Чуйко, О. М. Костенко, 2012

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

За допомогою прикладної програми, що реалізує алгоритм, наведений у роботі [1], проведемо оптимізацію початкового плану проведення експерименту за наступним критерієм

$$\frac{K_1}{N_1} \cdot \sum S_{i \rightarrow j} + \frac{K_2}{N_2} \cdot \sum t_{i \rightarrow j} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $S_{i \rightarrow j}$, $t_{i \rightarrow j}$ — вартість і час переходу з i -го експерименту в j -ий відповідно; K_1 , K_2 — вагові коефіцієнти для вартості й часу відповідно; N_1 , N_2 — нормуючі значення для вартості й часу відповідно.

Таблиця 1. Початковий й оптимальний плани

Номер-дослідку	Початковий план					Номер-дослідку	Оптимальний план 1				
	Позначення факторів						Позначення факторів				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	-1	-1	+1	-1	-1	4	-1	-1	+1	+1	+1
2	-1	-1	-1	+1	-1	10	-1	0	+1	+1	-1
3	-1	+1	-1	+1	+1	13	+1	-1	+1	+1	-1
4	-1	-1	+1	+1	+1	8	+1	0	+1	+1	+1
5	+1	+1	+1	-1	-1	14	+1	-1	+1	-1	+1
6	-1	+1	-1	-1	-1	1	-1	-1	+1	-1	-1
7	-1	+1	+1	-1	+1	11	+1	0	+1	-1	-1
8	+1	0	+1	+1	+1	5	+1	+1	+1	-1	-1
9	+1	-1	-1	-1	-1	7	-1	+1	+1	-1	+1
10	-1	0	+1	+1	-1	18	+1	+1	-1	-1	+1
11	+1	0	+1	-1	-1	6	-1	+1	-1	-1	-1
12	-1	-1	-1	-1	+1	16	+1	+1	-1	+1	-1
13	+1	-1	+1	+1	-1	3	-1	1	-1	+1	+1
14	+1	-1	+1	-1	+1	15	+1	-1	-1	+1	+1
15	+1	-1	-1	+1	+1	2	-1	-1	-1	+1	-1
16	+1	+1	-1	+1	-1	17	-1	-1	-1	+1	-1
17	-1	-1	-1	+1	-1	9	+1	-1	-1	-1	-1
18	+1	+1	-1	-1	+1	12	-1	-1	-1	-1	+1

Таблиця 2. Вартість й час змін значень рівнів факторів

Зміна значень рівнів факторів	Вартість, ум. од.					Час, хв.				
	Позначення факторів					Позначення факторів				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
із «-1» в «0»	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
із «-1» в «+1»	1,79	0,60	5,00	2,00	0,50	0,00	6,00	2,00	4,00	2,00
із «0» в «-1»	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00
із «0» в «+1»	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00
із «+1» в «-1»	1,25	0,40	3,00	1,00	0,50	0,00	4,00	2,00	0,00	2,00
із «+1» в «0»	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Нормуючі значення визначаються в такий спосіб

$$N_1 = \max\{S_{1 \rightarrow 2}, S_{1 \rightarrow 3}, \dots, S_{2 \rightarrow 1}, S_{2 \rightarrow 3}, \dots, S_{i \rightarrow j}, \dots, S_{n-1 \rightarrow n}\};$$

$$N_2 = \max\{t_{1 \rightarrow 2}, t_{1 \rightarrow 3}, \dots, t_{2 \rightarrow 1}, t_{2 \rightarrow 3}, \dots, t_{i \rightarrow j}, \dots, t_{n-1 \rightarrow n}\}, \quad (2)$$

де n — кількість експериментів у матриці планування.

Вагові коефіцієнти K_1 , K_2 дозволяють варіювати значимістю відповідного параметра оптимізації. Чим більше значення вагового коефіцієнту, тим вища значимість відповідного параметра оптимізації.

При рішенні даної задачі приймемо значимість вартості й часу реалізації експерименту однаковою, тобто $K_1 = K_2 = 1$. Отримана матриця планування (оптимальний план 1) наведена в табл. 1. Вартість реалізації експерименту за цим планом становить 30,06 ум. од., а час — 40 хв.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

При цьому виграш у вартості реалізації експерименту становить 2,39 рази в порівнянні з початковим планом, а в часі — 2,4 рази.

За допомогою прикладної програми, що реалізує алгоритм, наведений у роботі [2], проведемо оптимізацію початкового плану проведення експерименту за критерієм, наведеним у формулі (1). Значимість вартості й часу реалізації експерименту приймемо однаковою, тобто $K_1 = K_2 = 1$. Отримана матриця планування (оптимальний план 2) наведена в табл. 3. Вартість реалізації експерименту за цим планом становить 30,81 ум. од., а час — 38 хв. При цьому виграш у вартості реалізації експерименту становить 2,33 рази в порівнянні з початковим планом, а в часі — 2,53 рази.

За допомогою прикладної програми, що реалізує алгоритм, наведений у роботі [3], проведемо оптимізацію початкового плану за критерієм мінімальної вартості реалізації експерименту з обмеженням на тривалість його проведення

$$S_0 = \sum_{j=2}^n \sum_{i=1}^k S_{i,j} \rightarrow \min \quad \text{при} \quad t_0 \leq t_{\text{обм.}}; \quad t_0 = \sum_{j=2}^n \sum_{i=1}^k t_{i,j}, \quad (3)$$

де S_0 , t_0 — вартість і тривалість експерименту по оптимальному плану відповідно; $S_{i,j}$, $t_{i,j}$ — вартість і час установки i -го фактора в j -ому досліді відповідно; $t_{\text{обм.}}$ — обмеження на тривалість проведення експерименту; k — кількість факторів.

Обмежимо тривалість проведення експерименту значенням 60 хв. Отримана матриця планування (оптимальний план 3) наведена в табл. 3. Вартість реалізації експерименту за цим планом становить 24,65 ум. од., а час — 60 хв. При цьому виграш у вартості реалізації експерименту становить 2,91 рази в порівнянні з початковим планом, а в часі — 1,6 рази.

Таблиця 3. Оптимальні плани

Оптимальний план 2						Оптимальний план 3					
Номер-дослід	Позначення факторів					Номер-дослід	Позначення факторів				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
13	+1	-1	+1	+1	-1	16	+1	+1	-1	+1	-1
10	-1	0	+1	+1	-1	3	-1	+1	-1	+1	+1
4	-1	-1	+1	+1	+1	2	-1	-1	-1	+1	-1
8	+1	0	+1	+1	+1	17	-1	-1	-1	+1	-1
14	+1	-1	+1	-1	+1	15	+1	-1	-1	+1	+1
1	-1	-1	+1	-1	-1	9	+1	-1	-1	-1	-1
11	1	0	+1	-1	-1	18	+1	+1	-1	-1	+1
5	+1	+1	+1	-1	-1	6	-1	+1	-1	-1	-1
7	-1	+1	+1	-1	+1	12	-1	-1	-1	-1	+1
18	+1	+1	-1	-1	+1	1	-1	-1	+1	-1	-1
6	-1	+1	-1	-1	-1	10	-1	0	+1	+1	-1
16	+1	+1	-1	+1	-1	4	-1	-1	+1	+1	+1
3	-1	+1	-1	+1	+1	13	+1	-1	+1	+1	-1
15	+1	-1	-1	+1	+1	8	+1	0	+1	+1	+1
2	-1	-1	-1	+1	-1	14	+1	-1	+1	-1	+1
17	-1	-1	-1	+1	-1	11	+1	0	+1	-1	-1
9	+1	-1	-1	-1	-1	5	+1	+1	+1	-1	-1
12	-1	-1	-1	-1	+1	7	-1	+1	+1	-1	+1

Висновки. На прикладі дослідження технологічного процесу приготування попкорну в мікрохвильовій печі показана ефективність алгоритмів оптимізації планів експерименту по вартісних і часових витратах на його проведення. Найбільш оптимальний план за вартістю й часом реалізації експерименту отриманий за допомогою алгоритму наведеного в роботі [2]. Але план, отриманий за допомогою алгоритму наведеного в роботі [3], дозволяє одержати більший виграш у вартості реалізації експерименту, хоча й значно програє в часі його проведення. Подальші роботи будуть направлені на експериментальне дослідження технологічного процесу приготування попкорна в мікрохвильовій печі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кошевой Н.Д. Применение метода ветвей и границ для оптимизации композиционных планов второго порядка / Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, А.С. Чуйко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, 2010. — Вип. 25 — С. 95 — 101.
2. Кошевой Н. Д. Алгоритм оптимизации композиционных планов второго порядка методом ветвей и границ / Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, А.С. Чуйко // Математичне моделювання. — 2010. — № 2(23). — С. 14 — 18.
3. Кошевой Н.Д. Применение метода ветвей и границ для двухпараметрической оптимизации композиционных планов второго порядка / Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, А.С. Чуйко // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. — 2011. — Вип. 32 — С. 124 — 131.
4. Anderson Mark J. Applying DOE to Microwave Popcorn. Design of experiment identifies which factors matter and which ones don't, as well as helping find optimal settings / Anderson Mark J., Anderson Hank P. // PI Quality, July/August 1993, p.p. 1 — 3.

Исследовался технологический процесс приготовления попкорна в микроволновой печи. Была выполнена оптимизация плана проведения эксперимента для этого исследования с использованием метода ветвей и границ. Показанная эффективность применения алгоритмов оптимизации планов эксперимента по стоимостным и временным затратам на его проведение позволяет рекомендовать их для оптимизации других исследований в пищевой промышленности.

Ключевые слова: технологический процесс, попкорн, эксперимент, планирование, метод ветвей и границ, оптимизация, стоимость, время.

N. Koshevoy, O. Chuiko, E. Kostenko

Optimum planning of experiment at research of technological process of preparation popcorn in a microwave

Technological process of preparation popcorn in a microwave was investigated. Optimization of the plan of carrying out of experiment for this research with use of a method of branches and borders has been executed. On its example efficiency of algorithms of optimization of plans of experiments on cost and time expenses for their carrying out was shown. Plans of carrying out of experiment which allow to reduce considerably expenses and time for its carrying out have been as a result received. These plans of experiment in the further will be used for research of technological process of preparation popcorn in a microwave. The shown efficiency of application of algorithms of optimization of plans of experiment on cost and time expenses for its carrying out allows to recommend them for optimization of other researches in the food-processing industry.

Key words: technological process, popcorn, experiment, planning, a method of branches and borders, optimization, cost, time.

Одержана редколлегією 03.10.2011 р.

В.Р. КУЛІНЧЕНКО, д-р техн. наук,
І.К. МОТУЗ, д-р техн. наук
 Національний університет харчових технологій

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПЛАЗМОВИХ НАСОСІВ

Наводиться методика розрахунку і вибору вібраційних електроплазмових насосів з невеликою подачею до 5 л/с.

Ключові слова: насос, подача, напір, тиск, ударна хвиля, цикл, робоча камера, клапан, плазма.

Широке розповсюдження в промисловості і побуті отримують насоси з невеликою подачею (до 5 л/с) при тисках до десятків мегапаскаль. Для таких параметрів найдоцільніше використовувати електроплазмові насоси. Рідина, що перекачується таким насосом, виштовхується з робочої камери зростаючою парогазовою бульбашкою, яка заміняє механічний виштовхувач. Такий насос конструктивно простий, герметичний, не має механічних виштовхувачів, рухомих деталей (за винятком клапанів), ущільнень з парами тертя, немає недоліків, які притаманні об'ємним насосам.

Конструктивно електроплазмовий насос (рис. 1) складається з корпусу 1 з нагнітання перекачуваної рідини. Всередині корпусу знаходиться робоча камера 12 з параболічним відбивачем 6 для спрямованого відбиття хвиль тиску і руху частинок рідини вздовж осі насоса і електроди 7, установлені так, щоб розряд між ними відбувався у фокусі параболі. Електроди 7 приєднані до високовольтної обмотки трансформатора 11 з ємністю 9 і випрямлячем 10.

Трансформатор 11 підвищує напругу живильного струму до величини, що трохи перевищує необхідну для пробію перекачуваного середовища між електродами 7. Величина напруги визначається розрядним проміжком δ .

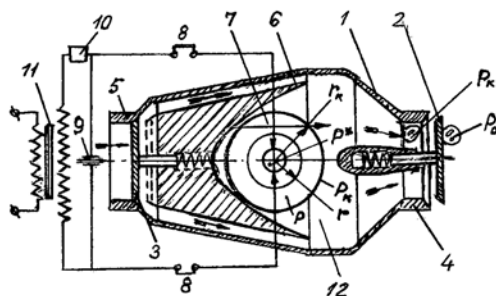


Рис. 1. Принципова схема електроімпульсного насоса

Конденсатор 9 періодично розряджається. У мить розряду між електродами 7 утворюється іскра, яка утворює плазмовий канал з високою температурою, рідина з якого видаляється на короткий проміжок часу, внаслідок цього на стінках каналу виникає тиск у декілька сот мегапаскаль, а рідині, що оточує канал передається ударна хвиля, яка розповсюджується з надзвуковою швидкістю.

Великі тиски в ударній хвилі не можуть викликати переміщення рідини з робочої камери 12, тому що дія її короткочасна. В наступний проміжок часу тепло, що виділилося в каналі

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

розряду між електродами, утворює невелику парогозову зону радіусом r з високим тиском і температурою. Ця зона починає розширюватися, але зі швидкістю в десятки разів меншою, за швидкість розповсюдження ударної хвилі. Зміна тиску і температури в шарах рідини у цей період не дуже різкий, але при цьому прогнозована зона розширюється так швидко, що оточуюча рідина не встигає нагрітися за час знаходження в робочій камері [1, 2].

Внаслідок розширення парогозової зони до певного об'єму з радіусом r_k рідина виштовхується з робочої камери через нагнітальний канал 2 в напірну трубу. В момент виштовхування рідини енергія всередину камери не підводиться, Завдяки цьому із збільшенням парогозової зони тиск і температура в ній зменшуються за адіабатним законом. Одночасно з цим рідина розганяється і набуває великий запас кінетичної енергії, яка перетворюється в енергію тиску під час зупинки рідини в кінці циклу нагнітання.

Після закінчення циклу нагнітання починається конденсація парової бульбашки. Тиск в робочій камері стрімко падає, нагнітальний клапан 2 закривається, при досягненні тиску меншого, ніж у всмоктувальному патрубку 5; відкривається клапан 3, через який надходить нова порція рідини, яка заповнює звільнений простір робочої камери 12. Далі цикл повторюється.

Величина створюваного тиску в початковому об'ємі парогозової зони, що утворюється в мить розряду, залежить від потужності розряду. Кінцевий тиск в робочій камері насоса і кількість транспортованої рідини буде залежати від співвідношення кінцевого і початкового об'ємів парогозової зони. При цьому чим більше буде це співвідношення, тим більша подача буде досягнута за один розрядний цикл і тим меншим буде створюваний тиск. Тому регулювання подачі і тиску можна здійснювати запірним органом на нагнітанні.

Внутрішні втрати в насосі складаються з втрат перетворення теплової енергії в роботу розширення всередині робочої камери, а також з гідравлічних й інерційних втрат, які відбуваються в основному у клапанній системі. Вплив інерційних і гідравлічних втрат на напір насоса і повний внутрішній ККД повинен бути суттєвим, тому що швидкість і прискорення у транспортованій рідині будуть великими внаслідок періодичності процесу. Для зменшення гідравлічних й інерційних втрат канали під клапанами необхідно робити дифузорними з великим прохідним перерізом, а перед входом в насос і на виході з нього варто ставити демпферні ємності, частково заповнені повітрям, які одночасно сприятимуть зменшенню нерівномірності подачі і тиску.

Будемо розглядати рух рідини, без урахування її стисливості. Інтегруючи рівняння руху, складеного для точки рідини у прилеглих шарах до парової зони, а також враховуючи рівняння нерозривності потоку і те, що процес розширення відбувається за адіабатним законом, отримаємо наступну схему виводу виразу для швидкості руху рідини в клапані.

Рівняння руху:

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} + \rho v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial p}{\partial r} = 0. \quad (1)$$

Рівняння нерозривності потоку:

$$v(r, t) = \frac{F(t)}{r^2}, \quad (2)$$

де v — швидкість рідини на радіусі сфери r ; p — тиск на цій сфері; t — час; ρ — густина; $F(t)$ — деяка функція часу.

Підставимо dv/dt з рівняння (2) в (1) і проінтегруємо його по радіусу з деякого r до r_k , що відповідає кінцевій фазі розширення парогозової області. При $r = r_k$, $v = 0$ і $F(t) = 0$ вираз матиме вигляд:

$$\frac{F'(t)}{r} - v^2 + \frac{1}{2}v^2 + \frac{1}{\rho}(p_k - p), \quad (3)$$

де p_k — тиск на сфері радіусом r_k .

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Виконаємо підстановку повної похідної в рівняння (3):

$$F'(t) = 2rv^2 + 2r^2v \frac{dv}{dr}$$

і залежності $\rho = \rho^* \left(\frac{e^3}{r^3} \right)^x$.

Тут прийнято, що тиск ρ в парогазовій області змінюється за адіабатним законом від деякого початкового тиску ρ^* в області з радіусом e до тиску ρ ; x — показник адіабати, у розрахунках приймається рівним 1,3.

Після названих підстановок і математичних перетворень отримаємо:

$$\frac{3}{2}v^2 + \frac{r}{2} \frac{d}{dr}(v^2) = \frac{\rho^* (e^3 / r^3)^x - \rho_k}{\rho}. \quad (4)$$

Розв'язуючи це рівняння без правої частини, отримуємо вираз:

$$v^2 = \frac{C(r)}{r^3}. \quad (5)$$

Підставимо рівняння (5) і його похідну $d(v^2)/dr$ у рівняння (4), знайдемо залежність для $C(r)$, яку знову підставимо в (5). Стала C_1 , що ввійде в останній вираз, визначимо з граничних умов при $r = e$, $v = 0$. Тоді кінцевий вираз для швидкості рідини всередині камери набуває виду:

$$\begin{aligned} v^2 + \frac{2}{3} \rho_k \left(1 - \frac{e^3}{r^3} \right) \frac{1}{\rho} - \frac{2}{3} \rho^* \times \\ \times \frac{e^3}{(x-1)r^3} \left(1 - \frac{e}{r} \right) \frac{1}{\rho} = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Кінцевий тиск в рідині всередині камери ρ_k пов'язаний з тиском нагнітання ρ_0 наступною залежністю:

$$\rho_k = \rho_0 + \zeta \rho \frac{v_{\text{кл}}^2}{2} \quad (7)$$

за умови, що рідина нагнітається з робочої камери в ємність досить великих розмірів і $\rho_0 = \text{const}$. У цьому рівнянні ζ — коефіцієнт втрат у клапані; $v_{\text{кл}}$ — швидкість рідини, що проходить через клапан.

Швидкість всередині камери v і в клапані $v_{\text{кл}}$ пов'язані між собою рівнянням нерозривності потоку: $4\pi r^2 v = F_{\text{кл}} v_{\text{кл}}$, де $F_{\text{кл}}$ — прохідна площа перерізу клапана.

Якщо виконати названі підстановки в рівняння (6), а також підстановки $r = ke$ і $r_{\text{кл}} = ae$, де $r_{\text{кл}}$ — радіус приведеної площі прохідного перерізу клапана, то рівняння для швидкості рідини в клапані набуде наступного вигляду:

$$v_{\text{кл}} = \sqrt{\frac{\rho^* A}{\rho B}}, \quad (7)$$

$$\text{де } A = \sqrt{\frac{3}{2} \left[\frac{1}{(x-1)k^3} - \frac{\rho_0}{\rho^*} \left(1 + \frac{1}{k} + \frac{1}{k^2} \right) \right] \left(1 - \frac{1}{k} \right)}, \quad B = \sqrt{\frac{a^4}{16k^4} + \frac{1}{3} \zeta \left(1 - \frac{1}{k^3} \right)}.$$

Графічна залежність виразу (7) наведена на рис. 2.

Із виразу (7) при $r = r_k$, коли $v_{кл} = 0$, тобто в кінці фази розширення парогазової зони, можна отримати рівняння характеристики насоса в безрозмірній формі:

$$\frac{p_k}{p^*} = \frac{1}{k(x-1)(k^3+k+1)}. \quad (8)$$

Це рівняння приведене на графіку рис. 3. Де p — тиск на сфері радіусом r у період її росту. Залежності (6) і (8) справедливі і для фази стиснення парогазової області.

Зв'язок між тиском і подачею насоса устанавлюється формулою:

$$Q = \frac{4}{3} \pi n (k_{\max}^3 - 1) e^3, \quad (9)$$

де n — кількість розрядів за секунду; $k_{\max} = r_k/e$.

З рис. 3 видно, що тиск в оточуючій рідині у кінці розширення парогазової зони буде значно вищим, ніж в самій зоні, тому що до моменту зупинки границі бульбашки вся кінетична енергія рідини переходить в потенціальну енергію тиску.

Швидкість у клапані зменшується, а значить, зменшуються гідравлічні втрати зі збільшенням прохідного перерізу клапана, що визначається параметром a (рис. 2).

Гідравлічні втрати можна оцінити гідравлічним ККД:

$$\eta_r = \frac{p_0}{p_k} = \frac{p_0}{p_0 + \zeta \rho \frac{v_{кл}^2}{2}},$$

де p_0 — тиск нагнітання за нагнітальним клапаном. Така оцінка гідравлічних втрат можлива тільки при малих інерційних втратах, що відповідають об'єму робочої камери, приблизно рівній $4/3(\rho r_k^3)$. Підставляючи у цю формулу значення $v_{кл}$ з рівняння (7), після перетворень отримаємо:

$$\eta_r = \frac{1 + 5,33 \frac{\zeta k}{a^4} (k^3 - 1)}{1 + \frac{17,8 \zeta}{a^4} \frac{p^*}{p_k} (k - 1)}. \quad (10)$$

За цим рівнянням розраховують гідравлічний ККД в період процесу витіснення рідини з робочої камери. Гідравлічний ККД значно змінюється за названий період, при цьому найменше його значення відповідає початковій фазі розширення парогазової зони, коли виштовхується порівняно невелика кількість рідини; зі збільшенням об'єму парогазової зони і кількості

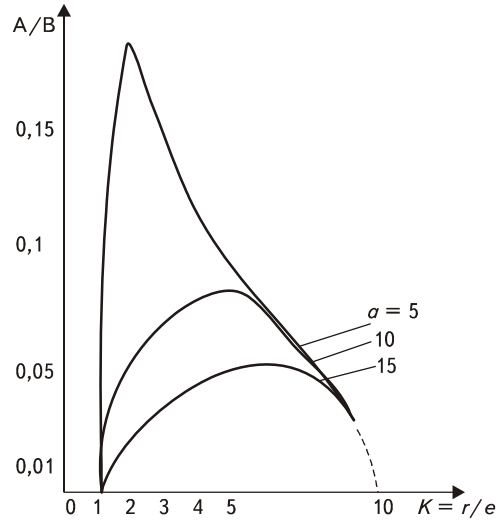


Рис. 2. Зміна швидкості у клапані при $p_k/p^* = 0,005$; $\zeta = 5$ і різних значеннях a

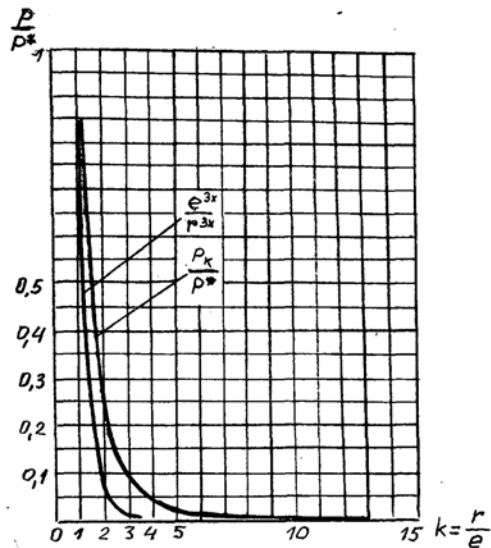


Рис. 3. Зміна тиску в паровій зоні — p і у транспортованій рідині — p_k

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

виштовхнутої рідини η_r швидко зростає. Тому середнє значення гідравлічного ККД $\eta_{r, \text{сеп}}$ за цикл виходить достатньо високим і в основному також залежить від параметра a , яким визначається розмір клапана.

Планіметрія графіків, побудованих за допомогою формули (10), дозволяє отримати значення $\eta_{r, \text{сеп}}$. На рис. 4 наводяться залежності $\eta_{r, \text{сеп}}$ у залежності від p^*/p_k , a і ζ , з якого видно, що середній гідравлічний ККД збільшується з ростом a і збільшенням відношення p_k/p^* , а значить і зі збільшенням p_0 .

Втрати викликані перетворенням теплової енергії в роботу розширення парогазової зони враховуються адіабатним ККД:

$$\eta_{\text{ад}} = 0,5 \left(1 - \frac{1}{k_{\text{max}}} \right). \quad (11)$$

Коефіцієнт 0,5 враховує теплові втрати в ударній хвилі, установлені дослідним шляхом [1].

Аналізуючи формулу (11), можна стверджувати, що теплові втрати зменшуються зі збільшенням r_k . Отже гідравлічні втрати збільшуються, а теплові зменшуються зі збільшенням парогазової зони (в певних межах, які можна визначити тільки дослідним шляхом). Із збільшенням прохідного перерізу клапана гідравлічні втрати зменшуються.

Розрахунок внутрішнього ККД $\eta_{\text{вн}} = \eta_{r, \text{сеп}} \eta_{\text{ад}}$ показує, що оптимальна його величина становить 0,35 — 0,4 при $2 \cdot 10^{-2} \geq p_0/p^* \geq 0,5 \cdot 10^{-2}$, що для води відповідає p_0 від 10 до 50 МПа. Подальше збільшення p_0 веде до збільшення ємності конденсаторів, що небажано.

Тиск p^* розраховується чи за рівнянням відповідних станів (12), чи за рівнянням Клапейрона, яке теж придатне для великих стискань під час фазового переходу рідини в пару [3].

$$p^* = p_{\text{кр}} \left(4 \frac{T}{T_{\text{кр}}} - 3 \right), \quad (12)$$

де $p_{\text{кр}}$ і $T_{\text{кр}}$ — критичні значення тиску і температури.

Радіус e визначається за витратами енергії в одному розряді на нагрівання рідини в об'ємі названого радіуса. Величина цих витрат залежить від маси рідини, що нагрівається, теплоємності і температури. При цьому густина $\rho_{\text{кр}}$ і теплоємність $c_{\text{в,кр}}$ рідини (у критичному стані рідини) визначаються по довідковим даним, а температура T згідно даних [2] у залежності від досліджуваної рідини, напруги і режиму розряду:

$$W_p = \frac{8}{3} \pi e^3 \rho_{\text{кр}} c_{\text{в,кр}} T. \quad (13)$$

При цьому $W_p = (U^2 C)/2$, де U — напруга розряду; C — ємність конденсатора.

Порівняння результатів теоретичного і експериментального досліджень виконано на моделі електроплазмового насоса з подачею 0,26 л/с, напором 200 м вод. ст., напругою 40 кВ, ємністю конденсатора 2 мФ, кількістю розрядів в секунду 2, робоча рідина — вода.

При цьому температура в зоні розряду досягала 20000 °С, витрати енергії на один розряд для названої напруги і ємності конденсатора дорівнювали 0,6 кВт, $e = 2,7$ мм, $k_{\text{max}} = 11,7$ і $r = 31,6$ мм [визначені за формулами (13) і (9)]; $p^* = 2700$ МПа, $p_k = 5150$ МПа [визначені за формулами (12) і (8)]. При $r_{\text{кл}} > 10e = 27,0$ мм і $p_k/p^* < 0,002$ $\eta_{r, \text{сеп}} = 0,53$, а тиск $p_0 = 2730$ МПа. Експериментальне значення внутрішнього ККД становило 0,163, а розрахункове 0,22. Значення адіабатного ККД розрахункові і дослідні повинні відрізнятися незначно, тому що процес адіабатний. По формулі (11) $\eta_{\text{ад}} = 0,456$. Звідки дослідне значення гідравлічного ККД 0,356, а розрахункове 0,53.

Висновок. Розглядуваний насоса має невеликий ККД, але він викликає певний інтерес, тому що в одноступеневому виконанні за його допомогою можна отримати тиск нагнітання до 10 МПа і більше.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коул Р. Подводные взрывы / Коул Р. — М.: Изд. иностранной литературы, 1962. — 362 с.
2. Спасский К.Н. Электроимпульсные насосы / Спасский К.Н. // Сб. трудов ВЗПИ, Серия: Гидравлика и гидравлические машины. — М.: 1974. — вып. 90. — С. 55 — 65.
3. Ландау Л.Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика / Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. — М.: Наука, 1965.— 410 с.

Рассмотрена методика расчета и подбора вибрационных электроплазменных насосов с небольшой подачей до 5 л/с.

Ключевые слова: насос, подача, напор, давление, ударная волна, цикл, рабочая камера, клапан, плазма.

W. Kulinchenko, I. Motuz

The calculation of the electro plasma pumps

The method of engineering calculations and sizing for vibration electro plasma, pump rate up to $5 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ has been studied.

Comparison of the results of theoretical and experimental studies were carried out on the model of electro plasma pump feed as 0,26 L/s, the pressure of 200 m water post, a voltage of 40 kW, the capacity of the capacitor 2 mF, the number of bits per second 2, the working fluid is water.

The temperature in the zone of the discharge reached 20000 °C, energy costs by one digit for the voltage and capacitance of the capacitor amounted to 0,6 kW, $e = 2,7 \text{ mm}$, $K_{\text{max}} = 11,7$ i $r = 31,6 \text{ mm}$ [defined by formulas (13) and (9)]; $p^* = 2700 \text{ Mpa}$, $p_k = 5150 \text{ Mpa}$ [defined by formulas (12) and (8)]. The $r_{\text{кл}} > 10e = 27,0 \text{ mm}$ and $p_k/p^* < 0,002$ $\eta_{\text{г.сеп}} = 0,53$, and pressure $p_0 = 2730 \text{ Mpa}$. The experimental value of the internal EFFICIENCY was 0,163, and settlement of 0.22. The value of EFFICIENCY of the settlement and research should differ slightly, because адиабатный process. According to the formula (11) $\eta_{\text{ад}} = 0,456$. Where the research value of the hydraulic EFFICIENCY of 0,356, and settlement of 0.53.

The pump has a small degree of EFFICIENCY, but it is of some interest, because in direct fulfillment it can provide you with discharge pressure up to 10 Mpa and more.

Key words: pump, discharge rate, head, pressure, shock vive, cycle, working chamber, valves, plasma.

Одержана редколегією 10.03.2011 р.

Д.В. ЛЕВЧІЙ

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

Н.В. МЕДВІДЬ, канд. фіз.-мат. наук

Національний університет харчових технологій

АЛГОРИТМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Робота присвячена дослідженню методів оптимізації використання сучасних енергозберігаючих технологій, а саме — розробці кібернетичних алгоритмів керування та оптимальних комбінацій енергозберігаючих технологій на підприємствах харчової промисловості. Наведено приклад практичного застосування алгоритмів автоматичного управління для інженерних систем окремого виробничого цеху.

Ключові слова: енергозбереження, енергозберігаючі технології, харчова промисловість, автоматизація керування, алгоритми оптимізації.

Застосування автоматизації у енергозберігаючих технологіях. Актуальність питання енергозбереження на підприємствах харчової промисловості не викликає сумніву. Застарілий парк технологічного встаткування, недостатнє оснащення засобами обліку, регулювання й автоматизації, відсутність реальних економічних стимулів — далеко не повний перелік проблем, які необхідно вирішувати для підвищення рівня енергозбереження. Рівень втрат паливно-енергетичних ресурсів української економіки значно перевершує відповідні показники промислово розвинених країн, тому впровадження енергозберігаючих технологій стає найбільш важливим завданням для всіх галузей промисловості.

Наявний на сьогодні арсенал енергозберігаючих технологій достатній для досягнення необхідного рівня економії, проте впровадження технологічних рішень відбувається не у повному обсязі та зі значним відставанням. У світлі цього, для українських підприємств харчової промисловості більш актуальним є не розробка нових методів енергозбереження, а оптимальне використання існуючих технологій. Така оптимальність може бути досягнута за рахунок програмних засобів автоматизації керування.

Застосування автоматизації можливе на основі вже існуючих інженерних систем підприємства (систем освітлення, опалення, вентиляції, кондиціонування тощо), тобто не потребуватиме значних фінансових витрат чи перебудов. Автоматичне регулювання дозволить оптимально використовувати наявні енергетичні ресурси (унікати зайвих витрат та перевантажень системи), а також забезпечить численні додаткові переваги, у тому числі: автоматичне керування технологічним процесом у режимі реального часу та візуальне відображення протікання процесів з можливістю оперативного втручання в хід технологічного процесу; контроль і регулювання параметрів технологічного процесу (температура, вологість, тиск і т.д.); індикація збоїв і аварійних ситуацій; зберігання архівних даних про хід технологічного процесу тощо.

Можна виділити наступні основні напрямки застосування автоматизації у сфері енергозберігаючих технологій:

- впровадження систем обліку теплової та електричної енергії;
- впровадження систем диспетчерського (дистанційного) керування;
- запровадження інтелектуального, бажано індивідуально розробленого автоматизованого керування технологічними процесами з урахуванням особливостей кожного конкретного об'єкту.

© Д.В. Левчій, Н.В. Медвідь, 2012

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Запровадження на об'єкті (на підприємстві харчової промисловості або в окремому цеху чи приміщенні) автоматизованого керування процесами передбачає виконання наступної послідовності дій: обстеження й аналіз об'єкту, на основі цього підготовка та розробка технічних завдань; розробка програмного забезпечення; підбір та поставка устаткування для автоматизації; збирання і монтаж устаткування: операторських пультів, шаф керування тощо; інтеграція мережного устаткування та інших компонентів; проведення пусконаладжувальних робіт; навчання та консультації споживача або фахівців замовника; гарантійне і сервісне обслуговування.

Автоматичне управління — розгалужений процес вибору обґрунтованого рішення по керуванню кожним окремим елементом, що входить до складу енергетичного та енергозберігаючого обладнання на основі інформації від датчиків, що реєструють стан системи. До параметрів зовнішнього середовища відносяться температура, вологість, ентальпія повітря, швидкість та напрям вітру, інтенсивність сонячного випромінювання, наявність опадів. Головні параметри внутрішнього мікроклімату — температура, вологість, ентальпія повітря, рівень CO₂, освітлення, стан дверей та вікон. До складу внутрішніх навантажень входять кількість людей та інтенсивність їх руху, тепловиділення від обладнання що знаходиться всередині, наявність та інтенсивність викидів шкідливих та відпрацьованих речовин.

Одержана від вказаних датчиків інформація опрацьовується програмою, що завантажена в мікропроцесор контролера. Результатом цього опрацювання є команди у вигляді фізичних сигналів або сигналів що передаються по мережі. У якості фізичних сигналів як правило використовується стан контактів реле (замкнено або розімкнено), напруга (0 — 10 В), сила струму (0 — 20 мА). Ці сигнали надходять до виконуючих пристроїв. Поняття виконуючого пристрою включає широкий діапазон різноманітного обладнання такого як двигуни, електромагнітні клапани, пальники, лампи освітлення та інше.

Принципи побудови алгоритмів оптимізації енергозбереження. Розглянемо конкретний приклад використання алгоритмів автоматичного управління з метою енергозбереження. У якості досліджуваного об'єкта візьмемо окремий виробничий цех підприємства, для якого була розроблена система заходів щодо збереження та оптимального використання ресурсів. Система є комплексною та включає в себе наступні підсистеми:

- Система керування енергетичною установкою на базі газового котла Viessmann;
- Система розподілу тепла між споживачами;
- Система водопостачання з індивідуальної свердловини;
- Система внутрішнього та зовнішнього освітлення;
- Система приточно-витяжної вентиляції;
- Система кондиціонування;
- Система радіаторного опалення та підігріву підлоги;
- Система протипожежної та охоронної сигналізації;

Для кожної з цих систем були розроблені індивідуальні алгоритми, метою яких є оптимізація енергоспоживання. При розробці алгоритмів були враховані особливості систем, можливості оптимізації та вдосконалення процесу їхньої роботи. Зупинимось більш детально на прикладах побудови і функціонування цих алгоритмів для зазначених інженерних підсистем забезпечення цеху підприємства, а також пояснення їх особливостей.

Система керування енергетичною установкою побудована на базі газового котла Viessmann. Принципова схема теплового забезпечення зображена на рис. 1.

Головною особливістю алгоритму оптимізації енергозбереження для даної системи є те, що газові котли обладнані власною автоматикою, яка забезпечує виконання наступних функцій:

- підтримування температурного режиму котла в робочому інтервалі та захист котла від перегріву, обриву полум'я, втрати тяги;
- керування системою підігріву гарячої води в ємнісному бойлеру;
- управління контуром системи опалення по зовнішній температурі та добовому/тижневому графіку;
- управління контуром системи підігріву підлоги по зовнішній температурі та добовому/тижневому графіку.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

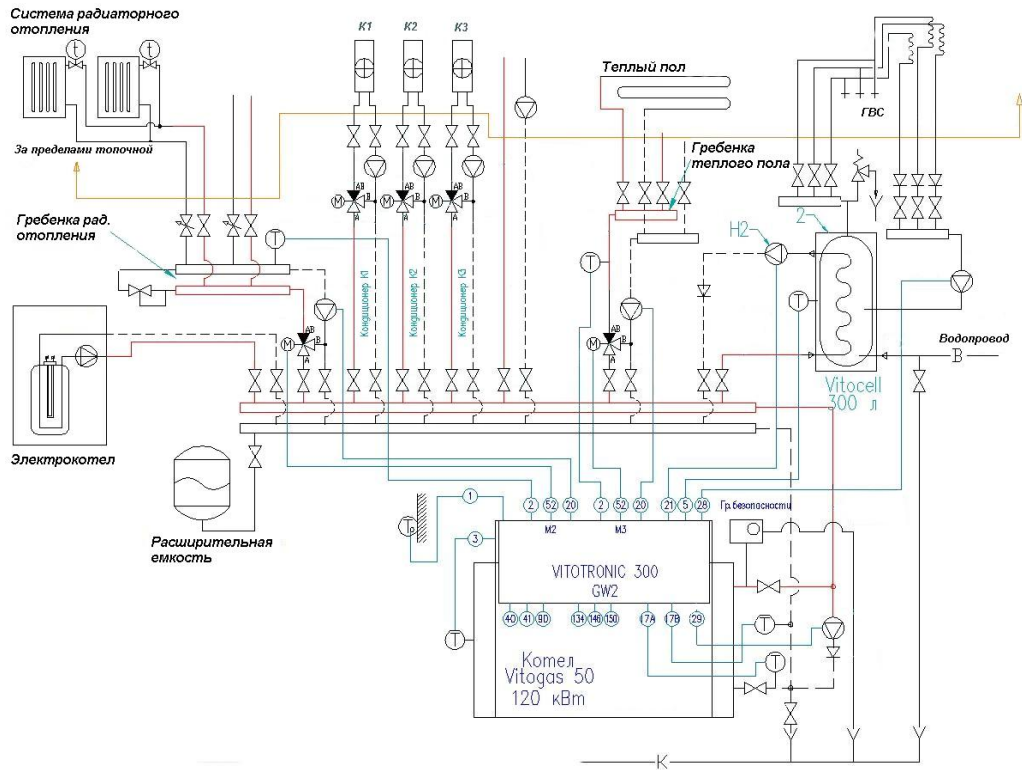


Рис. 1. Принципова схема теплового забезпечення

Оскільки окрім системи підігріву гарячої води в ємнісному бойлеру, систем опалення і підігріву підлоги в цеху існують такі споживачі як система приточно-витяжною вентиляції та система повітряного опалення; які теж користуються тепловою енергією, що виробляється котлом, у розроблений алгоритм керування енергетичною установкою була закладена функція визначення потреби вироблення теплової енергії та подачі команди на котел.

Для системи опалення та підігріву теплої підлоги автоматика керування розподілом тепла встановлена в газовому котлі Viessmann, тому ми не впливаємо на цей процес ззовні. Розроблена система керує розподіленням тепла для системи вентиляції та повітряного опалення приміщення.

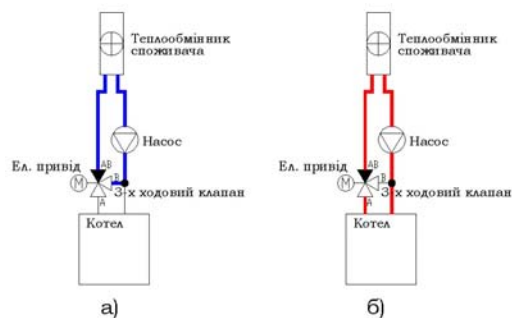


Рис. 2. Принципова схема регулювання потоку теплової енергії

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

У даному випадку всі системи розподілення тепла однотипні та включають в себе наступні 2 елементи: циркуляційний насос та 3-х ходовий змішувальний клапан з електронним приводом. Принцип роботи його такий: 3-х ходовий клапан в положенні 0% (закрито) перепускає воду з точки В у АВ (рис. 2 а), що спричиняє циркуляцію теплоносія в так званому малому колі циркуляції — насос-теплообмінник споживача. При положенні 3-х ходового клапану 100 % (відкрито) утворюється так зване велике коло циркуляції (з А в АВ), що включає в себе теплову установку, насос-теплообмінник споживача (рис. 2 б).

У проміжних положеннях клапану (0 — 100%) кількість теплоносія, що надходить від котла до теплообмінника, пропорційно збільшується від 0 до 100%, чим і забезпечує регулювання потоку теплової енергії.

Алгоритмічно для керування потоком теплової енергії, як мінімум, потрібно мати вхідну інформацію про потребу споживача в енергії. Як правило, це виражається в різниці фактичної і заданої температур. У більш складних випадках, при каскадному регулюванні, потреба в енергії підраховується як функція кількох аргументів — фактичної температури в приміщенні, заданої температури в приміщенні, температури теплоносія та розрахункової температури теплоносія.

Стосовно системи вентиляції та повітряного опалення були застосовані каскадні алгоритми регулювання (див. рис. 3). Каскадний алгоритм — декілька послідовних регуляторів, коли на вхід наступного подаються дані виходу попереднього регулятора.

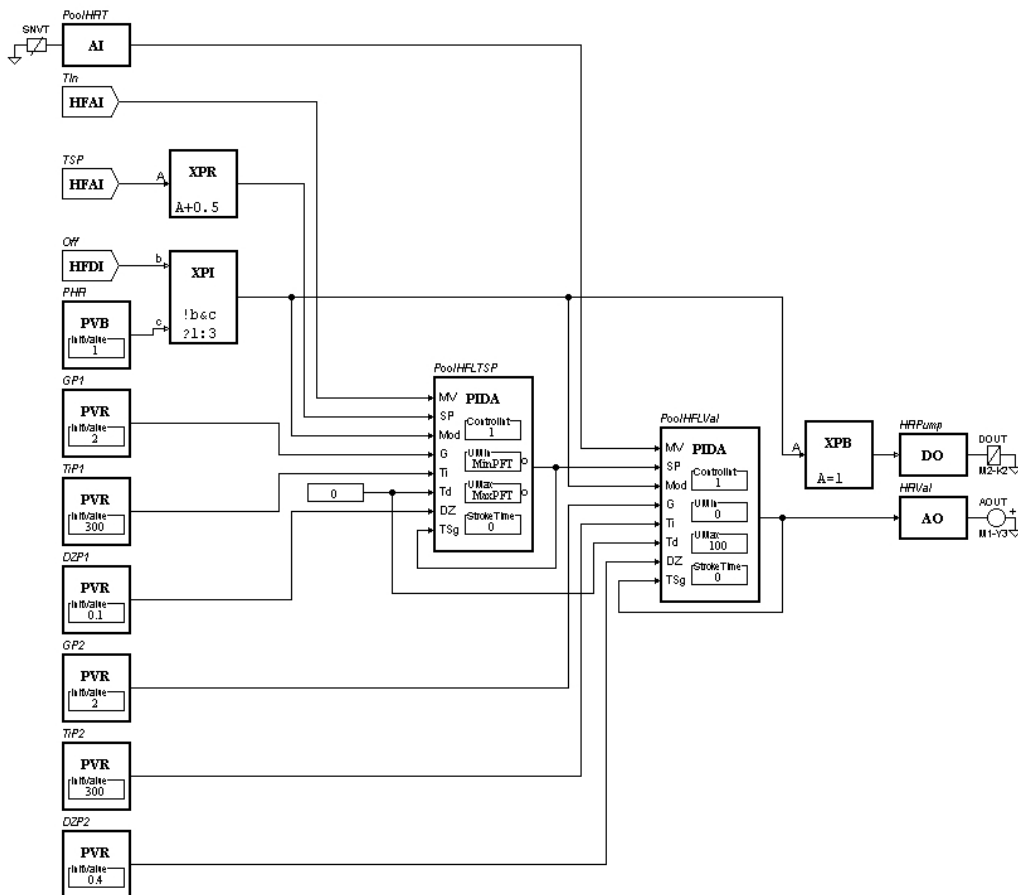


Рис. 3. Каскадний алгоритм, що відповідає за функцію повітряного опалення

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Результати використання алгоритмів. Використання автоматизованих систем управління, як вже зазначалося, дозволяє отримувати та зберігати на електронних носіях інформації як вхідні, так і вихідні параметри функціонування інженерних систем. Вихідна інформація для зручності сприйняття та аналізу може бути показана користувачеві у вигляді підсумкових таблиць та у графічному вигляді (наприклад, графік коливання температури у приміщенні, подачі свіжого повітря тощо).

Застосування комплексу технічних рішень разом зі складними алгоритмами для керування процесом підтримання заданої температури забезпечує ряд важливих переваг, які розглянемо детальніше для більш повного розкриття сутності процесу.

1) Точне підтримання заданих параметрів мікроклімату. Точність підтримання означає відсутність великих коливань температури в приміщенні навколо заданої. Це значно підвищує комфортність перебування у приміщенні і зменшує витрати тепла або холоду в залежності від сезону. На основі аналізу вихідних даних контролерів, ми можемо дослідити тренд основних процесів системи і спостерігаємо, що коливання температури в приміщенні незначне. Проте не варто вважати, що чим воно менше, тим краще. Справа у тому, що при роботі багатьох приміщень від одного кондиціонера, котлу або іншого тепло- або холодоносія виникає необхідність визначати параметри його роботи в залежності від бажань кожного споживача.

2) Зміна температурного режиму в залежності від режиму присутності. Результати практичного застосування алгоритму показують, що поки у приміщенні не з'явились люди, повітря не подавалось, хоча бажана температура в приміщенні була значно вища за реальну. Це обумовлено тим, що система знаходилась в режимі охолодження, а зміщення бажаної температури в режимі охолодження в бік збільшення і є найбільш популярний спосіб досягнення економії холодоносія. Крім того, такий спосіб дозволяє користувачу задавати максимальне відхилення реальної температури у режимі відсутності від бажаної в режимі присутності, тим самим забезпечуючи можливість у прийнятний час перейти з режиму очікування у комфортний режим.

3) Забезпечення узгодження режимів опалення і кондиціонування. Хоча цей пункт у переліку і не на першому місці, проте його важливість зовсім не другорядна. При наявності певних фінансових обмежень або інших факторів, що перешкоджають обладнати системи нормальною автоматикою, необхідно встановити найпростішу релейну автоматику, що у будь-який спосіб перешкоджатиме одночасній роботі різноспрямованих систем, таких як опалення і кондиціонування. Причому, такі рішення часто не потребують великих капіталовкладень — термостат, таймер і кілька звичайних реле загальною вартістю трохи більше 50 умовних одиниць відібрають свою вартість у найближчі строки.

4) Забезпечення комфортності режиму опалення і кондиціонування. Недорогі системи кондиціонування будуються переважно з використанням фреонових кондиціонерів, температура кипіння фреону становить близько -5°C . Розрахункова температура повітря на виході з кондиціонера становить близько 10°C , проте нерідко опускається нижче, що є безперечним недоліком для людини, яка потрапляє в зону обдуву надто холодним повітрям. Друга складова — великі втрати на конденсацію вологи і пересушування повітря в приміщенні. У режимах часткового навантаження (а це більше 80 % від загального часу роботи) ця проблема легко вирішується за допомогою періодичного (секвентального) ввімкнення компресора кондиціонера, що забезпечується відповідними алгоритмами системи автоматизації.

5) Забезпечення передчасного ввімкнення системи кондиціонування. Підтримуючи задану температуру у приміщенні система кондиціонування виконує певну роботу, відповідно, чим довше буде працювати система, тим меншої вона може бути потужності. Вчасно передбачивши необхідність ввімкнення системи і ввімкнувши її раніше, можна значно змінити ситуацію. Ряд алгоритмів дозволяє визначати необхідність таких дій по ранішній температурі, а також дозволяє локальне переохолодження в разі тимчасової наявності надлишку потужності.

Висновки. Результатами застосування автоматизації стане відчутне зниження витрат виробництва завдяки більше ефективному використанню ресурсів, також підвищиться рівень безпеки технологічного процесу, знизиться ризик аварій; доступною стане технологічна інформація (реєстрація подій і діагностика устаткування) для оперативного контролю стану устаткування, для аналізу, оптимізації й планування роботи устаткування і його ремонту.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Впровадження комплексу енергозберігаючих технологій дозволяє досягти наступних результатів:

- застосування приладів обліку теплової енергії дозволяє заощадити 20 – 35 % коштів при розрахунках;
- впровадження частотно-регульованого приводу для керування мережними насосами дає економію електричної енергії до 10 – 30 %;
- впровадження більш точних і динамічних автоматичних систем локального регулювання для підтримки режимних параметрів найбільш оптимальним чином дозволяє збільшити економію теплової енергії до 10 – 15 %;
- зменшення числа кабельних зв'язків у системі веде до зниження капітальних витрат на устаткування до 10 %;
- диспетчеризація керування об'єктами теплових мереж дозволяє заощаджувати до 20 % електричної енергії й до 10 % теплової енергії;
- автоматичне діагностування режимів роботи встаткування, відстеження вироблення ресурсу й відповідно своєчасність ремонтних робіт ведуть до зниження аварійності та витрат на ремонтні роботи до 10 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Клиначёв Н.В.* Теория систем автоматического регулирования и управления: учебно-методический комплекс / Клиначёв Н.В. — Челябинск, 2009. — 427 с.
2. *Леончик Б.И.* Научные основы энергосбережения: учебное пособие / Б.И. Леончик, О.Л. Данилов. — М.: МГУПП, 2000. — 398 с.
3. *Острём К.* Системы управления с ЭВМ: пер. с англ. / К. Острём, Б. Виттенмарк — М.: Мир, 1987. — 480 с.
4. *Праховник А.* Анализ препятствий энергоэффективности в Украине и системная стратегия их преодоления / А. Праховник, Е. Иншеков // Экологические системы. — 2005. — №12. — С. 12 – 16.

Робота посвящена исследованию методов оптимизации использования современных энергосберегающих технологий, а именно — разработке кибернетических алгоритмов управления и оптимальных комбинаций энергосберегающих технологий на предприятиях пищевой промышленности. Приведен пример практического использования алгоритмов автоматического управления для инженерных систем отдельного производственного цеха.

Ключевые слова: энергосбережение, энергосберегающие технологии, пищевая промышленность, автоматизация управления, алгоритмы оптимизации.

D. Levchiy, N. Medvid

Algorithms of energy optimization in the food industry

This work is dedicated to methods of optimization energy saving technologies — the development of cybernetic control algorithms and the optimal combination of energy saving technologies in food industry. As an example, were considered energy optimization algorithms for engineering systems of a single production department. Engineering systems include a power unit (gas boiler), heating system, water supply, ventilation, air conditioning, underfloor heating system and alarm systems. For each system were developed the individual algorithm for optimization of energy consumption. In conclusion of the article the efficiency of automatic control in the workplace was showed. Also, concrete facts of energy consumption reductions where provided.

Key words: energy saving, energy-saving technologies, food processing, automation control, optimization algorithms.

Одержано редакцією 13.12.2011 р.

А.В. ДЕРЕНІВСЬКА, здобувач,

О.М. ГАВВА, д-р техн. наук,

Л.О. КРИВОПЛЯС-ВОЛОДИНА, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ОПЕРАЦІЇ ПЕРЕМІЩЕННЯ УПАКОВКИ У ФОРМІ ПАРАЛЕЛЕПІПЕДА ЗА ДОПОМОГОЮ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА В ПАКУВАЛЬНИХ МАШИНАХ-АВТОМАТАХ

Наведено аналіз процесу перевантаження упаковки в шнековому конвеєрі пакувальної машини. Мета проведеного дослідження визначення оптимальних геометричних та кінематичних параметрів шнека, що дасть можливість забезпечити безперерйну високопродуктивну роботу пакувальної машини-автомату.

Ключові слова: тара, картонна пачка, транспортна система, пакувальна машина, шнек.

Існуючі пакувальні машини-автомати, які використовуються для забезпечення технологічного процесу виробництва пакованої продукції різні за конструкційними ознаками та структурними елементами. Вони містять багато різноманітних функціональних модулів та перевантажувальних пристроїв. Для перевантаження широкого ряду продукції в різній за типом жорсткій упаковці: скляних пляшках та банках, консервних банках, пластикових канистрах, картонних пачках та гофрокартонних коробках, пластикових відрах — використовують шнековий конвеєр, який працює з продуктивністю значно вищою від попередніх технологічних модулів пакувального обладнання.

Шнековий конвеєр виконує різні за характером операції, спільні для всіх типів упаковки харчової продукції:

- відокремлення одиничних упаковок з ряду, (рис. 1, а);
- покрокове розміщення упаковок, (рис. 1, б);
- групування та орієнтування упаковок відносно наступних технологічних операцій, (рис. 1, в);
- подавання в наступні технологічні модулі пакувального обладнання, (рис. 1, д, е);
- вистій упаковки для проведення технологічних операцій, (рис. 1, ж, з).

Крім того комплекси шнекових конвеєрів використовується для переорієнтування упаковки (рис. 1, е) та комбінування потоків упаковок:

- формування одного потоку з двох вхідних (рис. 1, ж);
- формування з двох вихідних потоків одного вхідного (рис. 1, з).

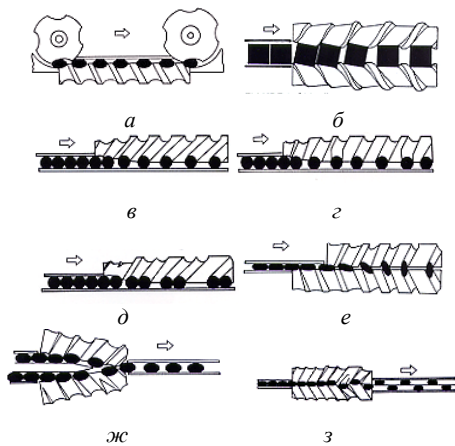


Рис. 1. Технологічні схеми шнекових конвеєрів

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Шнековий конвеєр виконує характерні операції залежно від виду та форми упаковки.

При переміщенні картонної пачки (коробки) суміщуються наступні операції:

- виділення одиничної плоскоскладеної картонної заготовки з магазину;
- формоутворення картонної пачки з плоскоскладеної заготовки.

При пакуванні скляна або пластикова упаковка може переорієнтуватися шнековим конвеєром в просторі за допомогою пасивних напрямних відповідно до завдань технологічних операцій.

Для забезпечення виконання вище наведених операцій шнеки виготовляються:

- постійного чи змінного кроку між витками. (рис. 1, а, б);
- із захопленням упаковки через кожні 180 градусів або 360 градусів, (рис.1, в) ;
- з вертикальною секцією в якій відбувається вистій (рис. 1, г).
- одно- та двозаходні (рис. 1, д);
- із змінним діаметром робочої поверхні;
- різного профілю;
- з напрямком обертання шнеку — за і проти годинникової стрілки.



Рис. 2. Пакувальна машина-автомат Polypack, Inc. 2008 Shrink Wrap Machine

На рис. 2 показана структура пакувальної машини-автомату Polypack, Inc. 2008 Shrink Wrap Machine періодичної дії при пакуванні готової продукції в гофрокартонну коробку 7. При перевантаженні шнековими конвеєрами з зростаючим кроком 2 коробки по чергову відокремлюються з ряду, переміщуються з прискоренням доки дві крайні не розташовуються з потрібним кроком відповідно до рами фасувального пристрою 3, зупиняються, заповнюються та виводяться з машини.

Для забезпечення виконання технологічних операцій при переміщенні пачки в шнековим конвеєром та ефективного використання площі відведеної на цю операцію необхідно задати такий закон зміни прискорення, який забезпечить потрібний крок між коробками на виході з пакувального пристрою при мінімальній можливій довжині шнека.

Проводиться аналіз законів руху пачки: переміщення коробки з постійним прискоренням, з постійно зростаючим прискоренням, з постійно спадаючим прискоренням, зміною прискорення за косинусоїдальним та синусоїдальним законом.

Основні геометричні параметри шнека зображені на рис. 3.

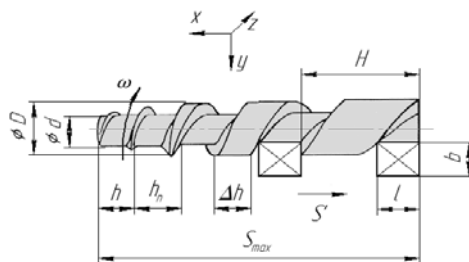


Рис. 3. Геометричні параметри шнека:
 крок між витками h_p , (м); максимальний H
 та мінімальний h крок між коробками, (м);
 внутрішній d та зовнішній діаметр D шнека, (м);
 приріст товщини витка шнека Δh , (м)

Під час визначення кінематичних та геометричних параметрів шнека, прийняті такі припущення:

- коробка рівномірно заповнена продукцією;
- центр ваги упаковки співпадає з її геометричним центром;
- переміщення описується відповідними законами руху.

Для проведення аналізу руху пачки у розрахунок були введені коефіцієнти приросту кінематичних параметрів пачки. Максимального значення вони набувають при досяганні кінця

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

технологічного циклу. Результати представлені на рисунку 4 графіком 1, 2, 3, 4, 5, які враховують кінематичні параметри переміщення пачки приведені в табл. 1, дозволяють визначити основні геометричні параметри шнека.

Таблиця 1. Кінематичні параметри переміщення пачки

Закон переміщення пачки		
Шлях, який проходить упаковка при переміщенні шнековим конвеєром, (м)	Швидкість руху коробки, (м/с)	Прискорення, (м/с ²)
1. з постійним прискоренням		
$S = \frac{S_{\max} \cdot t^2}{T^2}$	$S' = \frac{2 \cdot S_{\max} \cdot t}{T^2}$	$S'' = \frac{2 \cdot S_{\max}}{T^2}$
2. з постійно зростаючим прискоренням		
$S = \frac{S_{\max} \cdot t^3}{T^3}$	$S' = \frac{3 \cdot S_{\max} \cdot t^2}{T^3}$	$S'' = \frac{6 \cdot S_{\max} \cdot t}{T^3}$
3. з постійно спадаючим прискоренням		
$S = \frac{3 \cdot S_{\max} \cdot t^2}{2 \cdot T^2} - \frac{S_{\max} \cdot t^3}{2 \cdot T^3}$	$S' = \left[\frac{3 \cdot S_{\max} \cdot (t - T)^2}{(2T^3)} + \frac{3 \cdot S_{\max}}{2T} \right]$	$S'' = \frac{3 \cdot S_{\max} \cdot (T - t)}{T^3}$
4. зміна прискорення за косинусоїдальним законом		
$S = \left(1 - \cos \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot t}{T} \right) \right) \cdot S_{\max}$	$S' = \frac{\pi \cdot S_{\max} \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right)}{2 \cdot T}$	$S'' = \frac{\pi^2 S_{\max}}{4T^2} \cdot \cos \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right)$
5. зміна прискорення за синусоїдальним законом		
$S = \left(\frac{1 - \cos \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot t}{T} \right)}{T \cdot (\pi - 2)} \right) \cdot S_{\max}$	$S' = \frac{2 \cdot \pi \cdot S_{\max} \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot t}{4T} \right)^2}{T \cdot (\pi - 2)}$	$S'' = \left(\frac{\pi^2}{2 \cdot \pi - 4} \right) \cdot \left(\frac{S_{\max}}{T^2} \right) \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot t}{2T} \right)$

Де S_{\max} — довжина робочої ділянки шнека (м); T — тривалість циклу, (с); n — кількість витків шнека, (шт); ω — кутова швидкість обертання шнека, (рад/с); t — тривалість переміщення упаковки шнековим конвеєром, (с).

Коефіцієнти приросту кінематичних параметрів переміщення коробки забезпечується відповідним кроком шнекового конвеєру. Результати велися на базі існуючої конструкції машини-автомату Polyrack, Shrink Wrap Machine для одного типорозміру коробки (l — довжина, b — ширина, h — висота коробки, (м)).

Таблиця 2. Характерні коефіцієнти приросту кінематичних параметрів переміщення коробки шнековим конвеєром

Закон переміщення пачки			
Коефіцієнт приросту шляху	Коефіцієнт приросту швидкості	Коефіцієнт приросту прискорення	Коефіцієнт приросту кроку між коробками, (м)
1. з постійним прискоренням			
$k_s = k_t^2$	$k_v = kt$	$k_a = 1$	$k_h = (2 \cdot k_t \cdot T - k_a^2)$
2. з постійно зростаючим прискоренням			
$k_s = k_t^3$	$k_v = kt$	$k_a = \infty$	$k_h = (3 \cdot k_a \cdot k_t^2 - 3 \cdot k_a^2)$
3. з постійно спадаючим прискоренням			
$k_s = 1,5k_t^2 - 0,5k_t^3$	$k_v = kt$	$k_a = kt$	$k_h = 0,5 \cdot (3 \cdot k_t^2 - (k_t - k_a)^3)$
4. косинусоїдальний			
$k_s = 1 - \cos \left(\frac{\pi \cdot k_t}{2} \right)$	$k_v = \sin \left(\frac{\pi}{2} k_t \right)$	$k_a = \infty$	$k_h = S \left(\cos \left(\frac{\pi \cdot (k_t - k_a)}{2} \right) - \cos \left(\frac{\pi \cdot k_t}{2} \right) \right)$
5. Синусоїдальний			
$k_s = \frac{\pi \cdot k_t - 2 \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot k_t}{2} \right)}{\pi - 2}$	$k_v = 2 \cdot \left(\sin \left(\frac{\pi}{42} k_t \right) \right)^2$	$k_a = \sin \left(\frac{\pi}{2} k_t \right)$	$k_h = S \left(\cos \left(\frac{\pi \cdot (k_t - k_a)}{2} \right) - \cos \left(\frac{\pi \cdot k_t}{2} \right) \right)$

Де характерні часові коефіцієнти: $k_t = t/T$ та $k_a = t_a/T$ залежать відповідно від t — тривалості

переміщення упаковки та t_s — тривалості витримки між видачею упаковок з пакувальної машини-автомату.

Дослідження кінематичних параметрів дало можливість встановити максимально можливі коефіцієнти приросту кроку між коробками (рис. 4), залежно від закону переміщення та потрібну довжину робочої ділянки шнека (рис. 5):

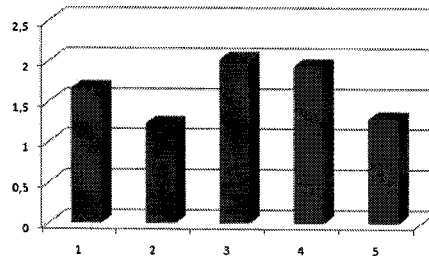
$$S_{\max} = \frac{H}{1 - k_{s(n-1)}}; \quad (1)$$

де $k_{s(n-1)}$ — коефіцієнт приросту шляху на $(n-1)$ -му витку шнека, (од.); $H = 2l + \delta$ — максимальний крок між коробками з врахуванням технологічного зазору δ .

Найбільший приріст кроку між витками мають шнекові конвеєри для переміщення коробки з постійно спадаючим прискоренням та змінною прискорення за косинусоїдальним законом, але й значно більшу довжину робочої ділянки.

Проведені дослідження показали, що найменшу довжину робочої ділянки мають шнекові конвеєри, які забезпечують переміщення коробки: 1 — з постійним прискоренням; 2 — постійно зростаючим прискоренням та 3 — за синусоїдальним законом руху. Крім того шнековий конвеєр 1 типу має найбільший коефіцієнт приросту кроку і є рекомендованим для використання в пакувальних машинах-автоматах

Рис. 4. Характерні коефіцієнти приросту кроку між коробками при переміщенні: 1 — з постійним прискоренням, 2 — з постійно зростаючим прискоренням, 3 — з постійно спадаючим прискоренням, 4 — змінною прискорення за косинусоїдальним та 5 — синусоїдальним законом



На базі проведених досліджень були розроблені методи розрахунку і підбору ділянок орієнтування та переміщення коробок на технологічних лініях.

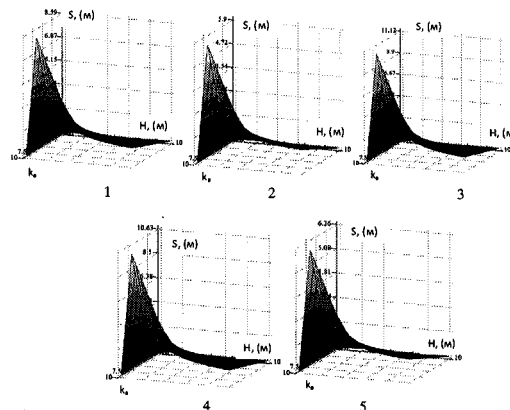


Рис. 5. Графіки зміни довжини робочої ділянки шнека від кількості витків та законів переміщення коробки: 1 — з постійним прискоренням, 2 — з постійно зростаючим прискоренням, 3 — з постійно спадаючим прискоренням, 4 — змінною прискорення за косинусоїдальним та 5 — синусоїдальним законом

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Висновки. Результатом проведеного дослідження стало визначення основних геометричних параметрів шнека та кінематичних параметрів руху коробки при перевантаженні з врахуванням геометричних параметрів пачки та вибраного закону руху упаковки форми паралелепіпеда. Дослідження процесу перевантаження упаковки дало можливість визначити оптимальні геометричні параметри профілю шнека, для забезпечення безперебійної високопродуктивної роботи пакувальної машини-автомату. Рекомендованими для використання є шнеки, які забезпечують переміщення коробки з постійним прискоренням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Данилевский В.А. Картонная и бумажная тара / Данилевский В.А. — М.: Лесная промышленность, 1979. — 216 с.
2. Гавва О.М. Пакувальне обладнання в 3 кн. / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. — Київ: ІАЦ «Упаковка».
3. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины: учебное пособие для машиностроительных вузов / А.О. Спиваковский, В.К. Дячков. — 3-е изд. перераб. — М.: Машиностроение, 1983. — 487 с.
4. Упаковка из картона / В.Л. Шредер, С.Ф. Пилипенко. — Киев: АИЦ «Упаковка», 2004. — 560 с.
5. Чернов М.Е. Упаковка сыпучих продуктов: учебное пособие / Чернов М.Е. — М.: ДеЛи, 2000. — 163 с.
6. Шредер В.Л. Картон. Тара и упаковка / В.Л.Шредер, К.С. Йованович. — К.: ІАЦ «Упаковка», 1999. — 192 с.

Приведен анализ процесса перегрузки упаковки на шнековом конвейере упаковочной машины. Цель проведенного исследования определения оптимальных геометрических и кинематических параметров шнека, который даст возможность обеспечить бесперебойную высокопроизводительную работу упаковочной машины-автомата.

Ключевые слова: тара, картонная упаковка, пачка, транспортная система, упаковочная машина, шнек.

A. Derenivska, O.Gavva, L. Kryvoplias-Volodina

Kinematic research of moving parallelepiped form packing operation by means of screw conveyer in packing automatic machine

Present an analysis moving package process by means of screw conveyer packing machine with consideration of geometrical parameters package and given moving law. Purpose of the conducted research of determination of optimal geometrical and kinematics parameters screw conveyer which will enable to provide trouble-free high-performance packing automatic machine and choice recommendation of moving package law.

Key words: tare, cardboard package, cardboard package, transport system, packing automatic machine, screw conveyer.

Одержана редколлегією 22.12.2011 р.

УДК 663.283

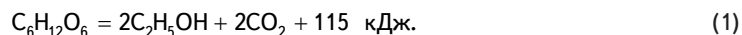
В.Й. ЛЕНЗІОН, канд. техн. наук,
В.М. КРИВОРОТЬКО, канд. техн. наук,
А.І. СОКОЛЕНКО, д-р техн. наук,
В.М. ГІДЖЕВІЦЬКИЙ, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ВТОРИННОГО БРОДІННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ШАМПАНСЬКИХ ВИН

Дослідженнями встановлено співвідношення між технологічними, геометричними і термодинамічними параметрами процесів вторинного бродіння у виробництві шампанських вин. Встановлено взаємозв'язки між геометричними параметрами акратофорів, динамікою накопичення діоксиду вуглецю та енергетичними потенціалами розчиненого CO_2 . Запропоновано конструктивне рішення для організації перемішування виноматеріалів за рахунок використання потенціалу розчиненого CO_2 .

Ключові слова: бродіння, закон, розчинність, діоксид вуглецю, тиск, геометрія.

Згідно технології вторинного бродіння при виробництві шампанських вин параметром цього процесу на рівні експрес методу є тиск в бродильному апараті (акратофорі). До нього додаються виміри концентрацій цукру і алкоголю, які у своїй динаміці взаємопов'язані і одночасно пов'язані з кількістю синтезованого діоксиду вуглецю, що відображується умовою, відомою як рівняння Гей-Люсака:



Контрольною величиною в загальній оцінці динаміки вторинного бродіння є зниження концентрації загального вмісту цукрів на 18 г/дм^3 . Концентрація діоксиду вуглецю, яка буде досягнута за збродження вказаної концентрації цукру становить $8,8 \text{ г/л}$ [1].

Розчинність діоксиду вуглецю у вині залежить від тиску та температури і за умови незмінності температури кількісно описується законом Генрі [2]:

$$c_{\text{H}} = kP, \quad (2)$$

де c_{H} — максимальна розчинність діоксиду вуглецю; k — коефіцієнт розчинності (константа Генрі), P — тиск.

Для різних температур коефіцієнт k має різні значення.

Особливістю резервуарного способу виробництва шампанського є вплив на процес шампанізації гідростатичних тисків. Величини останніх залежать від геометрії апаратів і їх місткості та орієнтації у просторі.

Розглянуто особливості динаміки зростання тиску від початку бродіння у порівнянні ведення процесу у рівновеликих горизонтальному і вертикальному апаратах (рис. 1).

У зв'язку з тим, що об'єми газової фази у акратофорі не перевищують 1 % від загального об'єму, прийнято припущення, що об'єм рідинної фази близький до циліндричної форми з розмірами H та d .

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

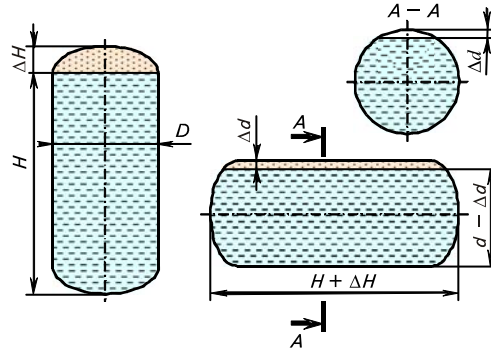


Рис. 1. Схеми вертикального і горизонтального апаратів

За припущення, що середовище є гомогенним щодо концентрації живильних речовин і мікроорганізмів, а також стосовно температури, динаміка зброджування та накопичення CO_2 буде однаковою у всіх локальних зонах. Однак у верхніх і нижніх шарах рідинної фази мають місце різні значення гідростатичних тисків і це означає, що стан насичення буде досягнуто в різний час.

Для вертикального апарата на початку процесу за $P_o = 1$ бар числове значення сталої насичення верхнього шару становить $c_{\text{н(верхн)}}^{\text{в}} = kP_o$, а для нижнього шару — $c_{\text{н(нижн)}}^{\text{в}} = k(P_o + \rho gH)$, де ρ — питома маса рідинної фази.

Тоді для вертикального і горизонтального апаратів співвідношення сталих насичення становлять відповідно:

$$\frac{c_{\text{н(нижн)}}^{\text{в}}}{c_{\text{н(верхн)}}^{\text{в}}} = \frac{P_o + \rho gH}{P_o}, \quad \frac{c_{\text{н(нижн)}}^{\text{г}}}{c_{\text{н(верхн)}}^{\text{г}}} = \frac{P_o + \rho gD}{P_o}. \quad (3)$$

За питомої швидкості зброджування $dM_{\text{CO}_2}/d\tau = \text{const}$ час досягнення $c_{\text{н(верхн)}}^{\text{в}}$ у вертикальному апараті становитиме у верхньому і нижньому шарах:

$$\tau_{\text{(верхн)}}^{\text{в}} = \frac{kP_o}{dM_{\text{CO}_2}/d\tau}, \quad \tau_{\text{(нижн)}}^{\text{в}} = \frac{k(P_o + \rho gH)}{dM_{\text{CO}_2}/d\tau}. \quad (4)$$

Відповідно для горизонтального апарата:

$$\tau_{\text{(верхн)}}^{\text{г}} = \frac{kP_o}{dM_{\text{CO}_2}/d\tau}, \quad \tau_{\text{(нижн)}}^{\text{г}} = \frac{k(P_o + \rho gD)}{dM_{\text{CO}_2}/d\tau}. \quad (5)$$

Звідси співвідношення значень $\tau_{\text{(нижн)}}$ та $\tau_{\text{(верхн)}}$ для вказаних апаратів становить:

$$\frac{\tau_{\text{(нижн)}}^{\text{в}}}{\tau_{\text{(верхн)}}^{\text{в}}} = \frac{P_o + \rho gH}{P_o}, \quad \frac{\tau_{\text{(нижн)}}^{\text{г}}}{\tau_{\text{(верхн)}}^{\text{г}}} = \frac{P_o + \rho gD}{P_o}. \quad (6)$$

Відлік умовного часу початку бродіння, зазначений моментом відриву стрілки манометра від нуля, не відображує реального стану перебігу динаміки бродіння, на що вказують одержані залежності і фізичний аналіз процесів.

Звідси також витікає, що відповідна реакція манометра буде за інших рівних умов різною для горизонтального і вертикального апаратів. При цьому динаміка приросту тиску і накопичення CO_2 також залежить від орієнтації апаратів.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Випадок вертикального апарата. На рис. 2 наведено розрахункову схему вертикального апарата з епюрою сталих насичення на CO₂ в системі координат O–X–Y. Елементарному прошарку товщиною dy, відповідає елементарний об'єм

$$dV = \frac{\pi d^2}{4} dy, \quad (7)$$

де стала насичення c_н, що відповідає вибраній вертикальній координаті, записана як її функція. З рис. 6 видно, що ця залежність має форму

$$c_n(y) = c_{n1} + y \cdot \text{tg}\beta, \quad (8)$$

де c_{н1} — стала насичення, що відповідає верхньому шару і c_н = kP_o.

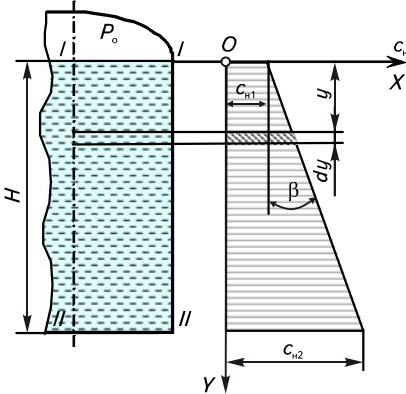


Рис. 2. Розрахункова схема до випадку вертикального апарата з епюрою сталих насичення на CO₂ c_н

$$\text{tg}\beta = \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H}, \quad (9)$$

де c_{н2} — стала насичення на CO₂ для нижнього шару.

Тоді
$$c_n(y) = c_{n1} + \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H} y, \quad (10)$$

і відповідно:
$$dM_{CO_2} = \frac{\pi d^2}{4} c_n(y) dy; \quad (11)$$

$$M_{CO_2} = \frac{\pi d^2}{4} \int_0^H \left(c_{n1} + \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H} y \right) dy = V c_{n1} + V \frac{c_{n2} - c_{n1}}{2}. \quad (12)$$

Оскільки сталі насичення є функціями тиску в системі, остаточна форма рівняння (12) має вигляд:

$$M_{CO_2} = V \frac{k(P_o + \rho g H)}{2}. \quad (13)$$

Аналогічні залежності одержано для апаратів з горизонтальною орієнтацією. Розрахункова схема цього випадку наведена на рис. 3.

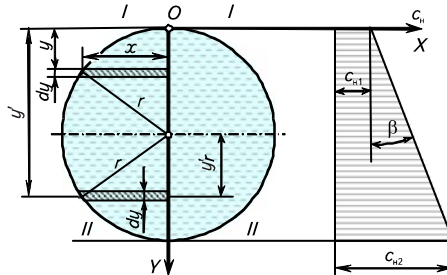


Рис. 3. Розрахункова схема визначення кількості розчиненого CO₂ в горизонтальному апараті з епюрою розчинності CO₂

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Для верхньої половини апарата маємо:

$$M'_{\text{CO}_2} = 2H \int_0^r c_{n1} \sqrt{2yr - r^2} dy + \int_0^r \frac{H \sqrt{2yr - r^2}}{r} (c_{n2} - c_{n1}) y dy, \quad (14)$$

і відповідно для нижньої:

$$M''_{\text{CO}_2} = 2H \int_r^{2r} c_{n1} \sqrt{2yr - y^2} dy + \frac{H}{r} \int_r^{2r} \sqrt{2yr - y^2} (c_{n2} - c_{n1}) y dy. \quad (15)$$

З наведених міркувань і одержаних залежностей витікає, що за рахунок гідростатичних тисків виникає повисотний градієнт за сталою насичення CO_2 . Це поняття визначається як різниця максимальних і мінімальних розчинностей газу, віднесена до висоти шару рідинної фази. Таким чином, для середовища з температурою 10°C і за висоти шару $H = 10$ м різниця розчинностей для нижнього і верхнього шарів складе:

$$\Delta c_n = 13,11 - 7,87 = 5,24 \text{ г/л.} \quad (16)$$

Тоді значення градієнта становитиме:

$$\bar{c}_n^{\text{гр}} = \frac{\Delta c_n}{H} = \frac{5,24}{10} = 0,524 \frac{\text{г}}{\text{л} \cdot \text{м}}. \quad (17)$$

Процеси вторинного бродіння потребують такої організації, за якої рівень гомогенізації середовища був би максимальним. Наявність помітного повисотного градієнта розчиненого CO_2 вказує на можливість і доцільність його використання. У зв'язку з цим запропоновано внесення змін у влаштування вертикальних акратофорів (рис. 4).

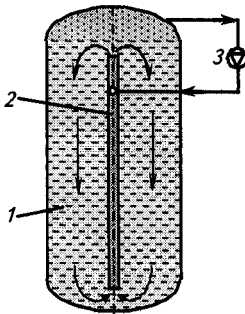


Рис. 4. Схема реконструкції акратофора з влаштуванням вертикального циркуляційного контуру: 1 – акратофор; 2 – циркуляційна труба; 3 – контур газової фази з міні компресором

Гідростатична неізотропність є явищем, уникнути якого у виробничих умовах практично неможливо, зате можливо здійснити гомогенізацію середовища і опосередкований вплив на мікроорганізми за рахунок створення вертикального циркуляційного контуру у вертикальних акратофорах.

У відповідності до цієї ідеї пропонується встановити в апараті вертикальну циркуляційну трубу з вмонтованим у верхній її частині газорозподільним пристроєм, наприклад, у вигляді барботера. Останній входить до контуру, що складається з газового об'єму, трубопроводів і мінікомпресора, що знаходяться під відповідними тисками.

За подавання мінікомпресором газової фази у верхню частину циркуляційної труби утворюється газорідинна суміш і виникає різниця тисків в трубі на вході в неї і у газовому середовищі. В результаті циркуляційна труба перетворюється у своєрідний ерліфтнасос. Така своєрідність має свій оригінальний прояв у зв'язку з тим, що примусове подавання газової фази має існувати на рівні першого поштовху, який дестабілізує умову гідростатичної і термодинамічної рівноваги.

Зазначена різниця тисків є рушійним фактором, під дією якого починається висхідний потік у трубі. Оскільки забір висхідного потоку починається із зони найбільшого гідростатичного тиску, то це означає насиченість вхідного потоку до найбільших значень в апараті. Підняття таких газонасичених об'ємів супроводжується падінням в них гідростатичних тисків, порушенням умови термодинамічної рівноваги і, нарешті, утворенням диспергованої газової фази. Присутність останньої означає включення процесу самоплинної циркуляції за рахунок потенціальної енергії газонасиченої системи. Від цього моменту подавання газу мінікомпресором стає непотрібним, а циркуляційний контур надалі буде працювати в режимі автоналаштування.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Очевидно, що такий процес має свій кінцевий енергетичний потенціал, який по мірі вичерпування буде приводити до обмеження циркуляції. Однак подальший процес бродіння вказаний потенціал відновлює, що означає можливість налагодження режимів, за яких циркуляція буде безперервною.

Динаміка цих процесів і у тому числі реагування системи на зміни температури залежать від взаємозв'язків і взаємовпливів між тисками і температурами.

Запропонована розробка передана виробництву і знаходиться у стадії впровадження. Очікуваний економічний ефект від її використання складає біля 40 тис. грн.

На основі аналізу системи з незалежними змінними тиску P_0 і температури T одержано рівняння регресії на основі обчислювального двофакторного експерименту.

В результаті отримано рівняння регресії у вигляді:

$$c_n = 0,00375 + 3,36625 P_0 - 0,000625 T - 0,074375 P_0 T. \quad (18)$$

Висновки. 1. Розроблено методику оцінки сталої насичення виноматеріалів діоксидом вуглецю у зв'язку зі змінами температур середовищ і тиском у газовій фазі. 2. Одержано залежності по оцінці взаємозв'язків між кількістю розчиненого CO_2 у зброджуваних середовищах з гідростатичними тисками, геометрією і орієнтацією бродильних апаратів у просторі. 3. Досягнута оцінка енергетичних потенціалів зброджуваних середовищ та розроблено алгоритм визначення і використання енергетичного потенціалу, створюваного розчиненим діоксидом вуглецю у зброджуваних середовищах на користь їх гомогенізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Розвиток методів розрахунку і обладнання транспортно-технологічних систем у виробництві шампанських вин.* Автореф. дисерт. на здобуття наукового ступеня к.т.н.: спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / С.В. Лензійон — К.: НУХТ, 2010. — 20 с.

2. *Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів* / [А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний та ін.] — К.: Люксар, 2009. — 454 с.

Исследованиями установлены соотношения между технологическими, геометрическими и термодинамическими параметрами процессов вторичного брожения в производстве шампанского. Установлены взаимосвязи между геометрическими параметрами акратофоров, динамикой накопления диоксида углерода и энергетическими потенциалами растворенного CO_2 . Предложено конструктивное решение для организации перемешивания виноматериалов за счет использования потенциала растворенного CO_2 .

Ключевые слова: брожение, закон, растворимость, диоксид углерода, давление, геометрия.

V. Lenzion, V. Krivorotko, A. Sokolenko, V. Hidzhevitskyi

Features of technologies of after fermentation in the production of champagne

Studies have established the relationship between technological, geometric and thermodynamic parameters of the process of secondary fermentation in the production of champagne. Intercommunications are set between the geometrical parameters of aktratoforov, dynamics of accumulation of dioxide of carbon and power potentials of cut-in CO_2 . The last are related to the pitch gradient on a size permanent satiations under the law of Henry. Structural solution is offered for organization of interfusion of виноматериалов due to the use of potential of cut-in CO_2 .

Key words: fermentation, law, solubility, of carbon dioxide, pressure, geometry.

Одержана редколегією 25.01.2012 р.

О.М. Чепелюк,
О.О. Чепелюк,
С.Ф. Федоров, канд. техн. наук,
К.А. Цветкова

Національний університет харчових технологій

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІШУВАННЯ ФАРШУ В КУТЕР-МІШАЛЦІ

Розглянуто вплив процесу перемішування компонентів м'ясного фаршу на отримання якісної готової продукції. Обґрунтовано доцільність використання комбінованого обладнання — кутер-мішалок — для здійснення цього процесу. Встановлено, що доцільніше використовувати спіральні робочі органи з п'ятьма витками висотою 75 мм.

Ключові слова: моделювання, перемішування, фарш, кутер-мішалка, робочий орган, геометричні параметри.

Одним з питань, які потребують вирішення, для сучасних м'ясопереробних виробництв є використання ручної праці для транспортування сировини і напівфабрикатів між окремими одиницями обладнання. Можливим варіантом їх вирішення є застосування нових кутер-місильних машин з підвищеною інтенсивністю механічного впливу на фарш [1, 2]. Встановлення таких машин в м'ясопереробних цехах робить їх більш компактними і дозволяє комплексно механізувати та автоматизувати процес приготування м'ясних виробів. У кутер-мішалках подачу продукту в зону різання здійснюють спіральні робочі органи, які можуть працювати незалежно від ріжучого механізму. Застосовують також кутер-мішалки, у яких обробку сировини проводять під вакуумом.

Процес перемішування фаршу в кутері-мішалці з іншими добавками при виробництві варених ковбас має важливе значення. Фізична суть процесу перемішування фаршу [3], в цілому, зводиться до того, що при обертанні робочих органів фаршмішалки має місце примусова взаємна конвективна дифузія — взаємний розподіл компонентів в багатокомпонентних системах. Найбільш ефективно процес перемішування реалізується, коли градієнти швидкостей між шарами компонентів мас, які перемішуються, є найбільшими, а градієнти швидкостей по робочому об'єму мішалки — найменшими. Чим більше робочий об'єм мішалки, тим складніше забезпечити якість та інтенсивність перемішування. Бажання інтенсифікувати процес шляхом збільшення частоти обертання робочих органів мішалки загрожує утворенням розривів цілісності маси, яка обробляється, а також невиправданим збільшенням потужності, що споживається. При цьому швидкісне та енергоємне перемішування м'ясних фаршів далеко не завжди є перемішуванням якісним. Інтенсифікувати процес і досягти рівномірного розподілу компонентів при перемішуванні більш доцільно за рахунок використання раціональних конструкцій робочих органів. Типовими формами робочих органів для перемішування фаршу є стрічкові спіралі та закріплені на валах лопатки.

При перемішуванні та подрібненні, крім раціонального механічного впливу, необхідно дотримуватись оптимальних температурних режимів. Ударний та дуже інтенсивний вплив на фарш може деструктуризувати його. Тому вибір та обґрунтування раціональних конструкцій кутер-місильних машин та їх робочих параметрів повинні базуватись на глибоких знаннях властивостей сумішей, які обробляються, та механізму впливу на них робочих органів машини. З метою підвищення ефективності приготування фаршу та якості перемішування його компонентів

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

поставлено задачу промодельовати процес перемішування фаршу і на основі отриманих результатів удосконалити конструкцію робочих органів кутер-мішалки.

Геометрична модель кутер-мішалки (рис. 1) створена в програмі Компас-3D.

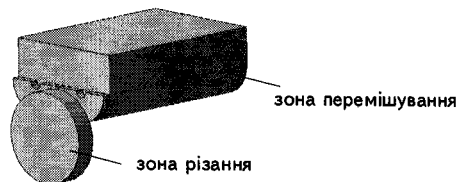


Рис.1. Геометрична модель ємності кутер-мішалки

Для визначення виду перемішуючого пристрою, який доцільно використовувати, процес перемішування промодельовано в кутер-мішалці при конструкціях перемішуючих робочих органів у вигляді вала з лопатками та спіралей (рис. 2).



Рис. 2. Геометричні моделі перемішуючих органів:
а) — вал з лопатками; б) — спіраль

При дослідженнях проаналізовано вплив форми і геометричних параметрів перемішуючих органів на швидкість фаршу по довжині діжі (рис. 3). Процес промодельовано в програмі FlowVision.

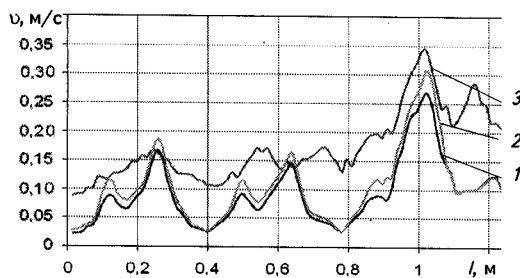


Рис. 3. Зміна швидкості фаршу по довжині діжі при різних видах перемішуючих органів:
1 — вал з лопатками 70 мм; 2 — вал з лопатками 50 мм; 3 — спіраль з чотирма витками

Аналізуючи рис. 3, можна зробити висновок, що процес перемішування фаршу при встановленні валів з лопатками відбувається достатньо інтенсивно, однак такий тип робочих органів не забезпечує рівномірне перемішування по довжині діжі. Робочі органи з лопатками більш ефективно перемішують маси, які складаються з великих шматків м'яса або шротованого м'яса при посолі. В кутер-мішалці доцільніше встановлювати спіральні робочі органи.

Проаналізовано вплив кількості витків (від 4 до 6) на рівномірність та інтенсивність перемішування фаршу (рис. 4).

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

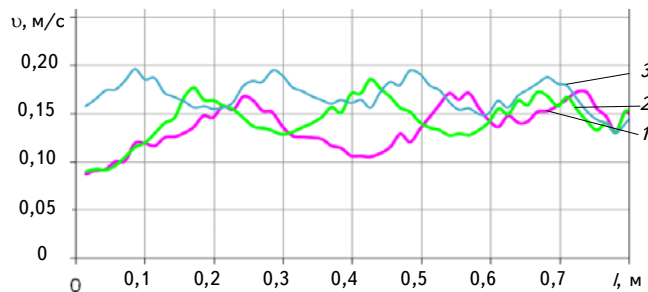


Рис. 4. Зміна швидкості фаршу по довжині діжі при різних кількостях витків:
1 — 4; 2 — 5; 3 — 6

Як видно, зі збільшенням кількості витків процес перемішування відбувається рівномірніше, однак менш інтенсивно. Так, якщо при зміні кількості витків від 4 до 5 швидкість руху фаршу по діжі коливається від 0,09 до 0,17 м/с, то при зміні кількості витків з 5 до 6 — від 0,16 до 0,19 м/с. З цього можна зробити висновок, що збільшення кількості витків більше 5 не є доцільним, оскільки це негативно впливає на інтенсивність процесу, перемішування компонентів відбувається недостатньо якісно, та призводить до додаткових енергетичних витрат.

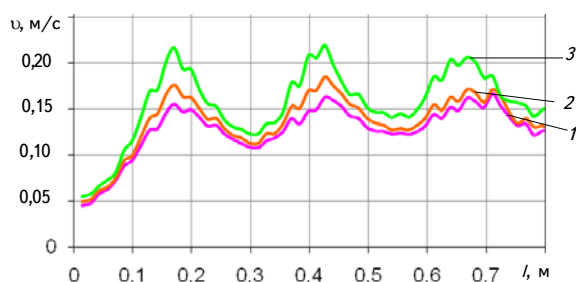


Рис. 5. Зміна швидкості фаршу по довжині діжі при висоті спіралі:
1 — 50 мм; 2 — 55 мм; 3 — 65 мм

Наступні дослідження проведено з використанням робочого органа у вигляді спіралі з 5 витками.

Проаналізовано вплив висоти спіралі (від 55 до 85 мм) на швидкість фаршу по довжині діжі (рис. 5) і дисипацію енергії. Висота змінювалась за рахунок зміни внутрішнього діаметру спіралі.

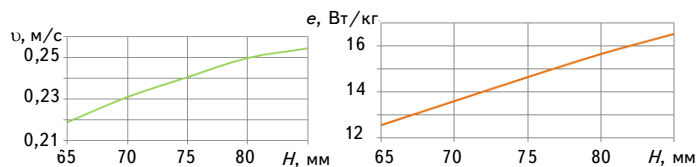


Рис. 6. Залежність швидкості фаршу вздовж діжі та дисипації енергії в одиниці маси фаршу від висоти спіралі

Як видно, висота спіралі має суттєвий вплив на процес перемішування. Збільшення цього параметру призводить до зростання швидкості фаршу, однак потребує також додаткових зусиль на перемішування.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Темпи зростання швидкості фаршу зі збільшенням висоти спіралі уповільнюються (рис. 6).

Так, при зміні висоти від 65 до 75 мм швидкість зростає майже на 9,6 %, тоді як при зміні висоти від 75 до 85 мм — лише на 5,8 %. Значення дисипації енергії в одиниці маси фаршу зростає майже рівномірно. Таким чином збільшення висоти спіралі вище 75 мм не є доцільним, оскільки несуттєво інтенсифікує процес перемішування, проте призводить до додаткових енергетичних витрат.

Однорідність готового продукту відноситься до основних вимог, яким повинна відповідати конструкція кутер-мішалки. При визначених раціональних геометричних параметрах робочого органу (спіраль з 5 витками висотою 75 мм) початкові компоненти маси, що перемішується, на виході з кутер-мішалки достатньо рівномірно розподілені в кінцевому продукті.

Висновки. Моделювання процесу перемішування в кутер-мішалці при різних конфігураціях і геометричних параметрах перемішуючого пристрою показало, що найбільш доцільною його конструкцією є спіраль, оскільки вони забезпечують одночасно інтенсивне і рівномірне перемішування. Раціональні параметри робочого органу: кількість витків 5, висота — 75 мм.

Наступні дослідження процесу перемішування фаршу в кутер-мішалці будуть присвячені визначенню раціональних режимів, при який доцільно здійснювати цей процес.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Опис конструкції фаршмішалок типу «Karl Schnell»* [Електронний ресурс] // Сайт фірми «Антес». — Режим доступу: <http://www.antes.ru/catalog/meat/pounding/mixers/>
2. *Ивашов В.И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 2. Оборудование для переработки мяса / В.И. Ивашов. — СПб.: ГИОРД, 2007. — 464 с.
3. *Дейніченко Г.В.* Удосконалення процесів переробки м'ясної сировини на підприємствах харчування: монографія / Дейніченко Г.В., Простаков О.О., Дуб В.В. — Харків: Студцентр, 2003. — 349 с.

Рассмотрено влияние процесса перемешивания компонентов мясного фарша на получение качественной готовой продукции. Обоснована целесообразность использования комбинированного оборудования — куттер-мешалок — для осуществления этого процесса. Установлено, что целесообразнее использовать спиральные рабочие органы с пятью витками высотой 75 мм.

Ключевые слова: моделирование, перемешивания, фарш, куттер-мешалка, рабочий орган, геометрические параметры.

A. Chepelyuk, E. Chepelyuk, K. Tzvetkova

Modeling of the forcemeat mixing in kutter-mixer

Influence of forcemeat ingredient mixing process for a quality finished products is considered. The expedience of the combined equipment using — kutter-mixers — for realization of this process is grounded. The process is investigated using the software system Flow Vision. The modelling results of forcemeat ingredient mixing process in kutter- mixer has been presented. The influence of the working units shape and geometrical parameters on forcemeat speed, mixing intensity and energy dissipation per forcemeat unit mass is analyzed. Rational values of working unit geometrics parameters are defined. Determined that it is more expedient to use the spiral working unit s of five coils height 75 mm.

Key words: modelling, mixing, forcemeat, kutter-mixer, working unit, geometrics parameters.

Одержана редколлегією 17.02.2012 р.

А.О. ЧАГАЙДА, канд. техн. наук,
В.А. ПІДДУБНИЙ, д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій

ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В ТЕХНОЛОГІЯХ СТВОРЕННЯ ЗАМКНУТИХ КОНТУРІВ ЕНЕРГОКОРИСТУВАННЯ

Важливими складовими створення замкнутих контурів енергокористування є утилізація вторинних енергетичних ресурсів, їх трансформація з підвищенням термодинамічних потенціалів і створення умов збереження їх потенціалів. В статті наведена інформація, яка стосується названих складових.

Ключові слова: фазові переходи, теплопередача, трансформація, енергетичних потенціал.

З точки зору інтересів створення енергонакопичувальних систем саме параметри фазових переходів мають принципове значення. У свою чергу вони відображують природні властивості речовин і умови та можливості їх використання, як енергоносіїв. Фазові переходи стосуються більшості речовин зі зміною форм їх існування. Однак можливими є переходи і в твердих тілах, наприклад, утворення мартенситу у сплаві заліза з вуглецем.

Теоретичні дослідження фазових переходів 1-го і 2-го роду стосуються впливів і оцінок фізичних факторів на різні речовини в умовах, наближених до надпровідності, намагнічування магнітних підрешіток, тисків, досягнення метастабільних станів, появи зародків тощо.

Значна кількість речовин за обмежених тисків кристалізуються в нещільноупаковані структури. Наприклад, кристалічний водень складається з молекул, що знаходяться на відносно великих відстанях одна від одної. Існування графіту також є наслідком значних відстаней між молекулами. Меншим параметром фазових переходів відповідають рівноважні щільноупаковані фази. Саме тому за значних тисків графіт перетворюється у алмаз, а молекулярний кристалічний водень — у атомарний (металевий).

Для фазових переходів 1-го роду характерним є існування зони метастабільної рівноваги поблизу кривої фазового переходу. Так рідинну фазу можливо нагріти вище точки кипіння або охолодити нижче точки замерзання. Метастабільний стан може існувати достатньо довго у зв'язку з тим, що утворення нової фази з меншими значеннями параметрів фазового переходу є термодинамічно більш вигідним. Вірогідність утворень зародків критичних розмірів зростає, якщо в речовині присутні чужеродні домішки.

Особливістю всякого фазового переходу є поглинання або виділення енергії. При цьому мова йде саме про теплову енергію, яка поглинається або виділяється за співпадаючих значень термодинамічних параметрів. Саме це визначає доцільність пошуків речовин і з'єднань, придатних для використання в трансформаційних переходах від твердої фази в рідинну і навпаки [1 – 3].

Проте до нашого часу перелік дешевих і безпечних речовин такого призначення з температурами переходів від +20 до +80...90 °С залишається помітно обмеженим. Вказаному температурному діапазону відповідають такі складні органічні сполуки з температурами фазових переходів, як нафталін — 353,3 К, парафіни — 311...329 К, стеарин — 345 К, віск бджолиний — 334...337 К, каніфоль — 325...341 К. Однак окрім температур фазових переходів принципове значення має питома теплота плавлення і теплопровідність матеріалів. Так для високоочищених парафінів теплота фазового переходу наближена до 200 кДж/кг.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Намагання використати особливості фазових переходів речовин пов'язані з можливістю акумулювання теплової енергії в значних об'ємах, які можуть помітно переважати енергетичні потенціали середовищ на основі їх теплоємності в умовах змінних температур. Аргументом на користь зазначеного можуть бути термодинамічні параметри води. Порівняємо значення теплоти плавлення, теплоти пароутворення і режиму зміни температури в зрідженому стані:

$$Q_{\text{пл}} = mr_{\text{пл}}; \quad Q_{\text{пар}} = mr_{\text{пар}}; \quad Q_{\Delta t} = cm\Delta t, \quad (10)$$

де m — маса твердої, парової і рідинної фаз води. Нехай $m = 1$ кг; $r_{\text{пл}}$ і $r_{\text{пар}}$ — відповідно теплота плавлення і пароутворення, кДж/кг; c — теплоємність води, кДж/(кг·гр); Δt — температурний перепад, °С.

$$\text{Звідси} \quad Q_{\text{пл}} = 1,0 \cdot 332,4 = 332,4 \text{ кДж}; \quad (11)$$

$$Q_{\text{пар}} = 1,0 \cdot 2258,4 = 2258,4 \text{ кДж}; \quad (12)$$

$$\beta = \frac{Q_{\text{пар}}}{Q_{\text{пл}}} = 6,79. \quad (13)$$

Співвідношення β вказує на принципову термодинамічну перевагу парової фази, однак вибір на користь певної концепції у створенні енергетичного накопичувача повинен враховувати комплекс запитів і параметрів. Так за перепаду температур $\Delta t = 100$ °С маємо:

$$Q_{\Delta t} = 4,19 \cdot 1,0 \cdot 100 = 419 \text{ кДж}. \quad (14)$$

На рис. 1 наведено схему, яку можливо оцінити першим наближенням у такому виборі. Необхідність використання накопичувачів теплової енергії з'являється у випадках недосконалості побудови теплотехнічної схеми і відсутності замкнутих енергетичних потоків, або синхронності їх використання, або за необхідності використання спеціальних режимів нагрівання чи охолодження середовищ.

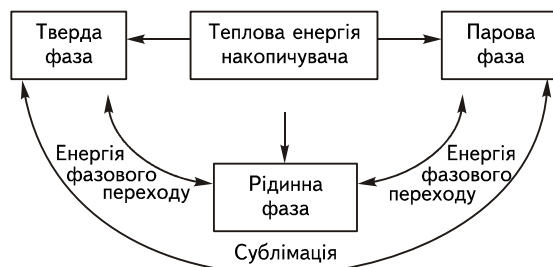


Рис. 1. Схема щодо можливих фазових трансформацій в теплових енергонакопичувальних системах

Оскільки енергетичні витрати усталеного режиму роботи стосуються одержання вторинної пари, то це означає можливість і доцільність повернення її енергетичного потенціалу в систему. При цьому можливими для використання є кілька напрямків, у тому числі трансформація вторинної пари з підвищенням її таких термодинамічних параметрів як тиск, температура і ентальпія. Це означає досяжність повернення теплоти пароутворення за рахунок конденсації вторинної трансформованої пари на поверхні теплопередавання.

Підвищення термодинамічних параметрів вторинної пари досягається механічною або термокомпресією, що означає підвищення її енергетичного потенціалу. Конденсація трансформованої вторинної пари супроводжується деяким зниженням теплоти пароутворення, порівняно з початковими параметрами. У таблиці наведено значення термодинамічних параметрів вторинної пари, які відповідають тискам в межах від одного до 3,8 бар.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Співвідношення термодинамічних параметрів

Тиск P , бар	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
Температура t , °C	99,4	104,8	109,3	113,3	116,3	120,2	123,3	126,1	128,7	131,2	133,5	135,8	137,9	139,9	141,8
Теплота випаровування r , кДж/кг	2258,2	2244,4	2232,4	2221,4	2211,4	2202,2	2193,7	2185,7	2178,1	2170,9	2164,1	2157,5	2151,3	2145,3	2139,4
Загальна ентальпія h'' , кДж/кг	2675,7	2683,8	2690,8	2696,8	2702,1	2706,9	2711,3	2715,3	2719,0	2723,3	2725,3	2728,4	2731,2	2733,8	2736,2
Енергетична трансформація $\Delta h''$, кДж/кг	—	8,1	15,1	21,1	26,4	31,2	35,6	39,6	43,3	47,6	49,6	52,7	55,5	58,1	60,5
Коефіцієнт енергетичних витрат $\beta_{\text{тр}}$	—	277,09	147,84	105,28	83,77	70,58	61,62	55,19	50,30	45,61	43,63	40,94	38,76	36,92	35,36

Енергетичні витрати, пов'язані з енергетичними трансформаціями вторинної пари визначаються як $\Delta h''$:

$$\Delta h'' = h'' - h''_{100} \quad (18)$$

З таблиці видно, що підвищення рівня стискання вторинної пари супроводжується зростанням значень $\Delta h''$ і, відповідно, енергетичних витрат. Разом з тим показник теплоти конденсації (і теплоти пароутворення) зі збільшенням тиску у вказаних межах зменшується. Відображені в таблиці числові значення параметрів дозволяють вирахувати коефіцієнти ефективності термодинамічних трансформацій.

$$\beta_{\text{тр}} = \frac{r}{\Delta h''} \quad (19)$$

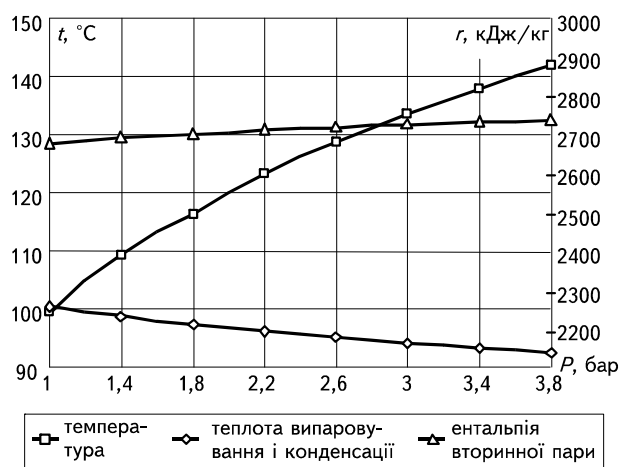


Рис. 2. Залежності температури, ентальпії і теплоти пароутворення від тиску трансформованої вторинної пари

Залежності $t = t(p)$, $r = r(p)$, $h'' = h''(p)$, $\Delta h'' = \Delta h''(p)$ і $\beta = \beta(p)$ наведені також на графіках (рис. 2, 3). Дані розрахунків та їх графічна інтерпретація показують, що у відповідності до фізичних закономірностей зростання тисків трансформованої вторинної пари супроводжується збільшенням енергетичних витрат, еквівалентних $\Delta h''$. Це разом зі зниженням теплоти конденсації приводить до значного зниження коефіцієнта ефективності термодинамічних трансформацій пари, однак абсолютні значення коефіцієнта $\beta_{\text{тр}}$ у досліджуваному діапазоні зміни тисків залишаються настільки високими, що доцільність вказаних перетворень не викликає сумнівів.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Висновки. 1. Фазові переходи в системі «тверда фаза — рідинна фаза» задовольняють вимогам накопичення високо- і низькотемпературних потенціалів вторинних енергетичних ресурсів; 2. За величиною енергетичних потенціалів переважають фазові переходи в системах з рідинними і паровими фазами. Змінами тисків досягаються необхідні значення потенціалів парової фази, що збільшує перспективи використання вторинних енергетичних ресурсів; 3. Коефіцієнти енергетичних витрат зростають з підвищенням рівнів стискання парової фази.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А.І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. — К.: АртЕк, 2002. — 304 с.

2. *Тепловые массы* в системах теплоснабжения / ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КАПУСТЕНКО П.А., ХАВИН Г.Л., АРСЕНЬЕВА О.П. // Интегрированные технологии та ресурсосбережения. — 2005. — № 4. — С. 3 — 10.

3. Петин А.Ю. Тепловые насосы в теплоснабжении / А.Ю. Петин // Новости теплоснабжения. — 2001. — № 11. — С. 42 — 49.

Исследованы и определены параметры фазовых переходов веществ, соответствующих возможностям использования их в качестве аккумуляторов тепловой энергии. Установлено, что перечень таких веществ ограничен, в том числе и в связи с особенностями пищевых технологий. Важной особенностью фазовых переходов в системах жидкостной и паровой фаз является энергетический потенциал переходов, достижение которого сопровождается повышением давления паровой фазы за счет механической или термической компрессии. Приведены расчетные зависимости.

Ключевые слова: фазовые переходы, теплопередача, трансформация, энергетический потенциал.

A. Chagayda, V. Piddubny

Phase transitions in building technologies closed circuit energy use

Investigated and determined the parameters of phase transitions of materials that meet the possibilities of using them as a battery of heat energy. It is established that the list of substances restricted, including in connection with the peculiarities of food technology. An important feature of phase transitions in systems of liquid and vapor phases is the potential for energy conversion, achievement of which is accompanied by increased vapor pressure due to mechanical or thermal compression. Given the calculated dependence.

Key words: phase transitions, heat transfer, transformation, energy potential.

Одержана редколлегією 04.04.12 р.

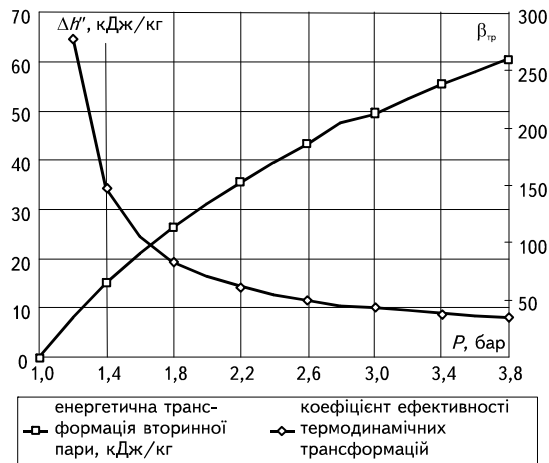


Рис. 3. Залежності енергетичної «вартості» і коефіцієнта термодинамічної трансформації від тиску

А.І. СОКОЛЕНКО, д-р техн. наук,
В.С. КОСТЮК, канд. техн. наук,
К.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ, канд. техн. наук,
А.А. ПАЛАШ

Національний університет харчових технологій

ЕНЕРГЕТИЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Наведена загальна оцінка енергетичних трансформацій, які мають місце в харчових технологіях. Вхідні сировинні потоки оцінюються результатом колообігу вуглецю і фотосинтезу різноманітної органіки, створенням носіїв хімічної енергії, представлена інформація щодо спроб використання гібридних конструкцій нанотехнологій. Оцінено перспективи енергетичних трансформацій і енергетичних накопичувачів на основі розчинених газів.

Ключові слова: трансформація, параметри, хімічна енергія, розчинність, сировинні потоки.

Вхідні сировинні потоки харчових виробництв оцінюються на рівні першоджерел хімічної енергії у формі різних органічних сполук. Завданням харчових технологій є відповідні трансформації і видозміни вказаних потоків з максимально можливим збереженням показників їх калорійності. Всі живі організми є споживачами речовин і енергії, а процес їх споживання має узагальнену назву — харчування. Звільнення хімічної енергії в організмі є еквівалентом дихання.

Енергетичні перетворення як при синтезі енергоносіїв органічного походження, так і при їх використанні відбуваються в рамках першого і другого законів термодинаміки. В харчових технологіях використовуються такі форми енергії, як хімічна, механічна, теплова, електрична, акустична, світлова, магнітна. Очевидно, що рівень використання вказаних форм є різним як за частотою, так і за енергетичним потенціалом. Так безпосередньо в харчових технологіях відносно мало задіяна світлова енергія. Однак з точки зору інтересів синтезу хімічної енергії вхідних сировинних потоків світлова енергія відіграє вирішальну роль. Саме завдяки їй фототрофні організми синтезують всі необхідні їм органічні речовини — носії хімічної енергії, використовуюваної для харчування хемотрофних організмів. При цьому хоча обрана в біологічному світі форма синтезу хімічної енергії сама по собі оцінюється суперважливим явищем планетарного масштабу, однак вона доповнюється важливою властивістю, яку в дещо специфічному узагальненні можливо віднести до ролі енергетичних накопичувачів. З цієї точки зору всі інші форми енергії кардинально поступаються хімічній. Завдання створення систем для накопичення енергетичних потенціалів завжди було в числі проблем, вирішення яких оцінюється суттєво важливим в різних площинах технічних і технологічних задач [1 — 4]. Очевидно, що з цієї точки зору увагу дослідників привертають природні цикли колообігу.

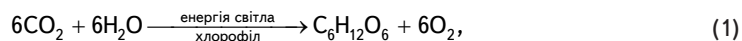
Біосфера Землі залежить від фотосинтезу безпосередньо або опосередковано, оскільки він трансформує енергію і вуглець у форми, доступні для живих організмів і забезпечує поставку в атмосферу кисню, необхідного для аеробних форм життя. Небалансу колообігу вуглецю на протязі свого існування людство має завдячувати, користуючись копалинами нафти, газу, вугілля тощо. За сучасними даними річна фіксація вуглецю (а не CO_2) за рахунок фотосинтезу складає $75 \cdot 10^{12}$ кг.

Вуглець, як хімічний елемент, є основою біологічного світу і його колообіг пов'язаний з енергетичними трансформаціями. У відповідності до нього світлова енергія перетворюється

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

в хімічну у процесі фотосинтезу, хімічна енергія використовується для синтезу органічних сполук з неорганічних компонентів. Органічні з'єднання є джерелом вуглецю і енергії для хемогетеротрофів: вуглець і енергія знову звільняються в процесі дихання. При цьому всяке перетворення супроводжується втратою енергії у формі теплової.

Звичайно процес фотосинтезу відображують рівнянням



яке сумарно відображує перебіг значної кількості перетворень. Повнота достовірної інформації про останні могла б допомогти у створенні алгоритму синтезу накопичувальних систем для різних форм енергії. У першу чергу це могло б стосуватися теплової енергії, яка знаходить найбільше використання.

У зв'язку з викладеним метою цього дослідження є аналіз сучасного стану технологій, пов'язаних з трансформаціями енергетичних потоків і можливостями створення енергонакопичувальних систем.

Відмічена особливість хімічної форми енергії, яка стосується її синтезу і можливості зберігання, в значній мірі пояснює увагу до таких процесів, створених природою.

Синтезовані органічні речовини є носіями хімічної енергії, яка в ланцюгу термодинамічних трансформацій має перейти в теплову для безпосереднього використання або для подальших перетворень.

Дія світла на речовини, що його поглинають, може завершуватися фотохімічними реакціями, до яких відноситься розкладання складних молекул, радикалів, багатоатомних іонів на їх складові частини, утворення складних молекул з простіших, а також утворення комплексів однакових молекул (полімеризація). За фотодисоціації одна з частинок переходить до збудженого стану і приймає на себе різницю між енергією поглинутого світла і енергією дисоціації. Фотодисоціація стає можливою за частоти світла ν , яка задовольняє умові:

$$\nu \geq \nu_0 = \frac{D}{h}, \quad (2)$$

де ν_0 — гранична частота дисоціації; D — енергія фотодисоціації, яка звичайно менша за енергію дисоціації основного стану системи; h — стала Планка.

У відповідності до закону еквівалентності Енштейна для здійснення кожного акту фотохімічного перетворення потребується один квант поглинутого світла. Кількість молекул, що прореагували, пов'язується з енергією поглинутих квантів. Число молекул N при цьому при поглинанні одиниці енергії світла:

$$N \sim \frac{1}{h\nu} = \frac{\lambda}{hc}, \quad (3)$$

де c — швидкість світла, а маса речовини, що прореагувала:

$$M = Nm, \quad (4)$$

де m — маса молекули; λ — довжина хвилі.

Названі та інші відомі закономірності вказують на доцільність продовження пошуків, які повинні привести до детермінованих результатів високого енергоекономічного рівня. Такі пошуки перенесено на рівень надій, пов'язаних з нанотехнологіями. В комп'ютерній мережі [1] з'явилася інформація про обнадійливий досвід щодо способу запасу сонячної енергії, розроблений в Массачусетському технологічному інституті (МТІ). В його основу покладено гібридні наноструктури світлочутливих молекул. При поглинанні фотона $h\nu$ такі молекули змінюють форму і переходять в метастабільний збуджений стан, запасаючи енергію ΔH , для звільнення якої необхідно подолати бар'єр E_a зовнішньою дією у формі теплового імпульсу, опромінення, напруги тощо. Після виведення вказаної ΔH процес повторюється.

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Подібна ідея ставилася до використання хіміками у 70-ті роки минулого століття в експериментах з різними реакціями фотоізомеризації (наприклад, перетвореннями: норборнадієн ↔ квадрициклан і антрацен ↔ діалтрацен). Досліди показали, що енергію дійсно можливо зберігати і вилучати, але після кількох циклів молекули втрачають властивість до перетворень. Хоча проблема збільшення числа циклів була вирішена застосуванням з'єднання (фульвален) тетракарбоніл дірутенія, однак практичне використання не було здійснене через високу вартість рутенія.

В дослідженнях спеціалістів МТІ використовувалися гібридні наноструктури, які утворювалися похідними азобензолу, ковалентно пов'язаними з вуглецевими нанотрубками.

Азобензол — органічна сполука, що містить групу $-N=N-$ з двома ізомерами, перехід між якими ініціюється ультрафіолетовими і голубими променями. При цьому нанотрубки відіграють роль підложки, яка задає упорядковане щільне застосування світлочутливих молекул, збільшує ΔH і час перебування системи в збудженому стані. В результаті запропоновано варіант гібридної наноструктури, побудованої на основі тригідроксидазобензолу. Порівняння цієї структури з вільним азобензолом показує збільшення ΔH на 260 %, а висота E_0 повинна зрости на 20 %. Фотозбуджений стан такої системи може існувати більше року, а щільність енергії досягає 690 Вт·год./л, що близько до показників кращих літій-іонних акумуляторів.

До числа переваг у спробах реалізувати можливість трансформації сонячної енергії в хімічну є їх екологічне підґрунтя, що слід оцінювати однією з найважливіших перспектив енергозабезпечення.

Космічне і термодинамічне влаштування системи «Сонце — Земля» виглядає як таке, що дивує довершеною доцільністю. Воно забезпечує біжучу «енергетичну» хвилю протягом одної доби, яка перетинає всі меридіани і одночасно хвилю в широтному напрямку з сезонною частотою. Наявність цих особливостей лежить в основі існування біо- і ноосфери, однак свідоме людство продовжує спроби удосконалити систему у напрямку розсосередження вхідного енергетичного потоку на добу або на більший відрізок часу. Такі можливості вбачаються у створенні енергетичних накопичувачів незрівнянно менших масштабів порівняно з системою. При цьому досвід влаштування останньої і природи в цілому вказує на те, що енергетичний накопичувач має здійснюватися на основі матеріального носія. Очевидно, що матеріальний носій у своїй побудові повинен бути зорієнтованим на певну термодинамічну форму енергії. Загальний їх перелік наведено у таблиці, виключаючи ядерну [1], а можливі трансформації відображені на схемі (рис. 1).

Термодинамічні форми енергій

Форма енергії	Фактор інтенсивності (фактор потенціалу)	Фактор екстенсивності (фактор ємкості)
Механічна PV	Тиск	Об'єм
Електрична UI	Напруга	Струм
Теплова TS	Температура	Ентропія
Поверхнева σA	Поверхневий натяг	Площа поверхні
Хімічна μM	Хімічний потенціал	Маса

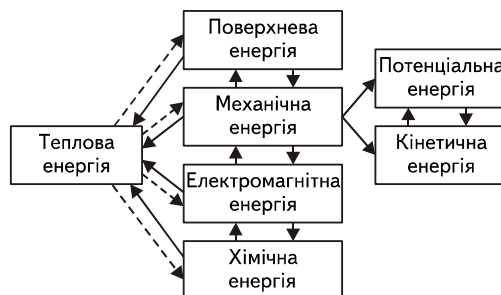


Рис. 1. Схема до можливих енергетичних перетворень: повний (—) і частковий (---) переходи

Одне з формулювань другого закону термодинаміки стосується можливих переходів одних форм енергії в інші: *Всяка форма енергії може повністю переходити в тепло, але тепло переходить в інші форми лише частково.* наприклад, за тим же другим законом термодинаміки перехід теплоти в роботу не може бути єдиним результатом термодинамічного процесу, тобто має існувати компенсаційний процес. Тепловий двигун, що працює за циклом Карно, виконує роботу, еквівалентну лише частині теплоти, а другу частину він віддає холодному джерелу.

До числа важливих чинників пристроїв відносяться питома запасена енергія, спосіб її наступного використання, швидкоплинність спрацювання енергетичного потенціалу, можливості взаємних трансформацій термодинамічних форм енергій. Остання наведена інформація стосується пошуку прикладних напрямків в їх реалізації і з цієї точки зору привертає увагу те, що стосується механічної потенціальної енергії розчинних газів.

Випадок вертикального апарата. На рис. 2 наведено розрахункову схему вертикального апарата з епюрою сталих насичення на CO_2 і вибраною системою координат $O-X-Y$. На вертикальній координаті OY оберемо елементарний прошарок товщиною dy , якому відповідає елементарний об'єм

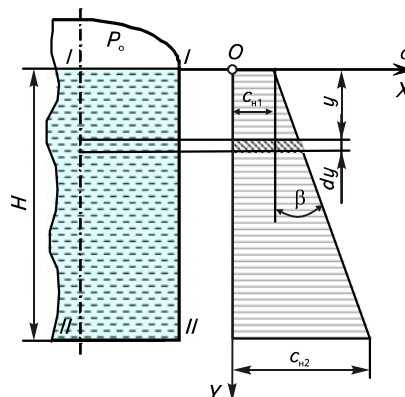


Рис. 2. Розрахункова схема до випадку вертикального апарата з епюрою сталих насичення на CO_2 c_n

$$dV = \frac{\pi d^2}{4} dy, \quad (5)$$

де стала насичення c_n , що відповідає вибраній вертикальній координаті, записана як її функція. Встановимо цю залежність. З рисунка 2 видно, що вона має форму

$$c_n(y) = c_{n1} + \text{tg}\beta y, \quad (6)$$

де c_{n1} — стала насичення, що відповідає верхньому шару і $c_n = kP_0$.

$$\text{tg}\beta = \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H}, \quad (7)$$

де c_{n2} — стала насичення на CO_2 для нижнього шару.

Підстановкою значення $\text{tg}\beta$ в умову (6) одержуємо

$$c_n(y) = c_{n1} + \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H} y. \quad (8)$$

Тоді з врахуванням (5) запишемо

$$dM_{\text{CO}_2} = \frac{\pi d^2}{4} c_n(y) dy; \quad (9)$$

$$\begin{aligned} M_{\text{CO}_2} &= \frac{\pi d^2}{4} \int_0^H \left(c_{n1} + \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H} y \right) dy = \frac{\pi d^2}{4} \left(\int_0^H c_{n1} dy + \int_0^H \frac{c_{n2} - c_{n1}}{H} y dy \right) = \\ &= V c_{n1} + V \frac{c_{n2} - c_{n1}}{2}. \end{aligned} \quad (10)$$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Оскільки сталі насичення є функціями тиску в системі, то приходимо до форми

$$M_{CO_2} = V \frac{k(P_0 + \rho gH)}{2}. \quad (11)$$

З наведених міркувань і одержаних залежностей витікає, що за рахунок гідростатичних тисків виникає повисотний градієнт за сталою насичення CO_2 . Визначимо це поняття як різницю максимальних розчинностей газу, віднесену до одиниці висоти шару рідинної фази. Наприклад, для середовища з температурою $10^\circ C$ і за висоти шару $H = 10$ м різниця розчинностей для нижнього і верхнього шарів складе:

$$\Delta c_n = 13,11 - 7,87 = 5,24 \text{ г/л.}$$

Тоді значення градієнта складе: $\bar{c}_n^{gr} = \frac{\Delta c_n}{H} = \frac{5,24}{10} = 0,524 \frac{\text{г}}{\text{л} \cdot \text{м}}$.

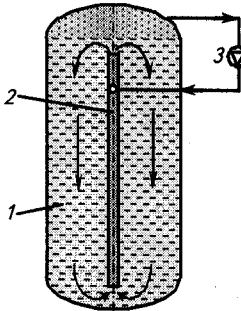


Рис. 3. Схема реконструкції акратофора з влаштуванням вертикального циркуляційного контуру: 1 — акратофор; 2 — циркуляційна труба; 3 — контур газової фази з міні-компресором

Наявність повисотної різниці у величині c_n означає різницю за показником осмотичного тиску і в нижніх шарах він буде вищим. Властивістю такого термодинамічного параметра є те, що сам по собі він не зникне, наприклад, за рахунок дифузійних процесів. Бо якби уявити малоімовірний факт флуктуацій або дифузійного перенесення CO_2 в зони з меншим гідростатичним тиском, то у відповідності до закону Генрі відбулося б десатурація середовища зі зменшенням осмотичних тисків.

Процеси вторинного бродіння потребують такої організації, за якої рівень гомогенізації середовищ був би максимальним. Наявність помітного повисотного градієнта розчиненого CO_2 вказує на можливість і доцільність його використання. У зв'язку з цим пропонується внести зміни у влаштування вертикальних акратофорів (рис. 3).

Верхня зона акратофора зайнята газовою фазою, об'єм якої складає біля 1 % від об'єму середовища. Підвищення тиску в ній пов'язано з динамікою синтезу діоксиду вуглецю і кількість CO_2 тут визначається залежністю

$$M_{CO_2} = \frac{P_0 V_{газ}}{RT}, \quad (12)$$

де P_0 — змінна величина тиску, Па; $V_{газ}$ — об'єм газової фази, m^3 ; $R = 188,9$ Дж/(кг·К) — газова стала для CO_2 ; T — абсолютна температура газової фази, К.

Очевидно, що за вказаних умов зміни тиску відбуваються на повному від-різку часу бродіння. Тиск може змінюватися за рахунок таких параметрів, як температура та динаміка синтезу CO_2 . При цьому температура середовища за своєї зміни має подвійний і навіть потрійний вплив на систему. Розглянемо, наприклад, наслідки зростання температури в системі. Відгуком газової фази на це явище буде зростання тиску відповідно до залежності

$$P_0(t) = \frac{M_{CO_2} RT}{V_{газ}}. \quad (13)$$

Залежність розчинності CO_2 від температури є нелінійною функцією і має вид наближено представлений графіком на рис. 4.

Другим наслідком підвищення температури середовища буде зниження розчинності. Це означає, що має виділитися газова фаза у кількості ΔM_{CO_2} :

$$\Delta M_{\text{CO}_2} = (c_{n1} - c_{n2}) V_{\text{рід}} \quad (14)$$

Наслідком такого виділення буде додаткове підвищення тиску в газовій фазі і перехід системи до нового стану термодинамічної рівноваги. Відгуком системи на зміну температури буде зміна швидкості синтезу CO_2 мікроорганізмами і така зміна стосується повного об'єму акратофора. Технологія зброджування, як бачимо, з одного боку обмежена у швидкості перебігу процесів за рахунок температури і фізико-хімічних параметрів середовищ. Проте з іншої сторони неізотропність середовища за величиною гідростатичних тисків і локальних відмінностей у складі і концентраціях компонентів виступають подразниками до пошуку умов, за яких подібні відмінності обмежуються. Однак гідростатична неізотропність є явищем, уникнути якого у виробничих умовах практично неможливо, зате можливо здійснити гомогенізацію середовища і опосередкований вплив на мікроорганізми за рахунок створення вертикального циркуляційного контуру за пропозицією з рис. 3. У відповідності до останньої пропонується встановити в апараті вертикальну циркуляційну трубу з вмонтованим у верхній її частині газорозподільним пристроєм, наприклад, у вигляді барботера. Останній входить до контуру, що складається з газового об'єму, трубопроводів і мінікомпресора, що знаходяться під відповідними тисками. За подавання мінікомпресором газової фази в газорозподільний пристрій у верхній частині циркуляційної труби утворюється газорідинна суміш і виникає різниця тисків в трубі на вході в неї і у зовнішньому середовищі. Ця різниця тисків є рушійним фактором, під дією якого починається висхідний потік у трубі. Оскільки забір висхідного потоку починається із зони найбільшого гідростатичного тиску, то це означає насиченість вхідного потоку до найбільших значень в апараті. Піднімання таких газонасичених об'ємів супроводжується падінням в них гідростатичних тисків, порушенням умови термодинамічної рівноваги і, нарешті, утворенням диспергованої газової фази. Присутність останньої означає включення процесу самоплинної циркуляції за рахунок потенціальної енергії газонасиченої системи. Це означає, що від цього моменту подавання газу мінікомпресором стає непотрібним, а циркуляційний контур надалі буде працювати в режимі автоналаштування.

Висновки. Виконаний аналіз першоджерел і власні дослідження в порівнянні особливостей енергетичних трансформацій дозволяють відмітити наступне. 1. Найбільш придатною щодо накопичення і зберігання є хімічна енергія органічних сполук, яка в різних комбінаціях хімічних елементів відображає потенціал харчування біосфери. 2. Енергетичні накопичувачі за певних умов можуть відігравати роль потужних концентраторів і перетворювачів останніх у механічні впливи на середовища. 3. Енергетичний потенціал розчинених газів у зв'язку з висотним концентраційним градієнтом придатний для механічного перемішування культуральних середовищ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про енергозбереження і холодильні установки / Соколенко А.І., Бут С.А., Шевченко О.Ю. // Молочное дело. — 2006. — № 1. — С. 26 — 27.
2. Особливості тепло- і масообмінних процесів в термодинамічних циклах / Бут С.А., Костюк В.С., Васильківський К.В. // Харчова промисловість. — НУХТ, 2009. — № 8. — С. 64 — 67.
3. Соколенко А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях. / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. — К.: Люксар, 2008. — 443 с.
4. Соколенко А.І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів. / Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. — К.: АртЕк, 2002. — 304 с.

Дана общая оценка энергетических трансформаций, имеющих место в пищевых технологиях. Входящие сырьевые потоки оцениваются результатом круго-

ХАРЧОВА ПРОМИСЛІВІСТЬ № 13, 2012 ————— 203

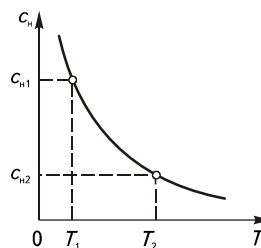


Рис. 4. Загальний вид графіка залежності $c_n = c_n(T)$

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

ворота углерода и фотосинтеза разнообразной органики, созданием носителей химической энергии, представлена информация о попытках использования гибридных конструкций нанотехнологий. Оценены перспективы энергетических трансформаций и энергетических накопителей на основе растворенных газов.

Ключевые слова: трансформация, параметры, химическая энергия, растворимость, сырьевые потоки.

A. Sokolenko, V. Kostiuk, K. Vasilkovsky, A. Palash

Energy transformation in food technologies

A general evaluation of the energy transformations that occur in food technology. Incoming raw material flows estimated result of the carbon cycle of photosynthesis and a variety of organics, the creation of chemical energy carriers, provides information about attempts to use hybrid structures of nanotechnology. The prospects of energy transformation and energy storage devices based on the dissolved gases.

The peculiarity of fermentation technology is the accumulation of potential energy due to the dissolution of carbon dioxide. This potential depends on the geometry of the apparatus, which is manifested in the magnitude of hydrostatic pressure and the physical pressure. The data relating to the process of secondary fermentation in the factories on the fermenters champagne.

Key words: transformation, parameters, chemical energy, solubility, commodity flows.

Одержана редколлегією 04.04.12 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 опубліковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Всі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздрукувань 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 редколлегією (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 рецензентові, 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**
№ 13

Видання подається в авторській редакції

Комп'ютерна верстка *О.В. Компанієць*

Підп. до друку 05.07.2012 р. Формат 70×100/16. Обл.-вид. арк. 18,06.
Ум. друк. арк. 16,77. Наклад 300 прим. Вид. № 22/12. Зам. № 00-12

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