

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВІ ПРАЦІ

ВИПУСК 15



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Наукові праці

ВИПУСК 15

Одеса — 1994 р.

УДК 663/664
ББК 36
Н 34

Головний редактор академік М. Д. Захаров
Заст. головного редактора академік Е. Й. Жуковський,
проф. Г. В. Ангелов
Технічний секретар інж. М. В. Шелудько
Технічний редактор І. В. Краснокутська

Редакційна колегія:

академік І. С. Гулий, член-кореспонденти: В. І. Тужилкін, Л. І. Кар-
наушенко, Н. К. Черно
доктори наук: О. К. Гладушняк, І. Т. Мерко, П. В. Данільчук,
Б. В. Єгоров, Л. Г. Віннікова, О. Г. Бурдо, А. В. Іваненко
кандидати наук: Л. І. Гросул, В. О. Моргун, А. Т. Безусов, Л. В. Кап-
рельянц, В. А. Хобін

ПЕРЕДМОВА

Поновлюється видання збірника наукових праць ін-
ституту, який був заснований в 1938 році, і за період з
1938 до 1962 року було видано 14 випусків. В збірнику
розміщені праці провідних вчених інституту, присвячені
розробкам нових енергоресурсозберігаючих технологій
і високоефективного обладнання для переробних галу-
зей агропромислового комплексу України.

Наукові праці: Вип. 15/Одес. держ. акад. харчової тех-
нологій. Гол. ред. М. Д. Захаров. — Одеса, 1995. —
Н 34 220 с.

Н 4001000000-1 Без оголошен.
95

УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ І РОЗРОБКА НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТЕЙ

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА

І. Т. Мерко, В. О. Моргун, Т. А. Бакурідзе

Зерно є основним і незамінним джерелом виробництва продуктів харчування людей і кормів для тварин і птиці. На долю зернових продуктів припадає близько 40—45 % загального раціону харчування населення України. Вони вміщують повний набір харчових речовин, необхідних для забезпечення нормальної життєдіяльності, при цьому їх виробництво є найдешевшим у порівнянні з виробництвом інших харчових продуктів.

За традиційною технологією переробки зерна в сортову муку і крупу використовується тільки внутрішня частина зерна, а зовнішня, що складає коло 20—30 % його маси і утримує біологічно цінні речовини (білки, вітаміни, клітковину, мікро- і макроелементи та інше), використовується в кормовиробництві, або зовсім не знаходить застосування. Це можна пояснити необґрунтованими традиціями виробництва і споживання муки в основному високих сортів («білої»), які практично не мають зовнішніх частин зерна. Використання зовнішніх частин зерна (оболонки, алеїронового шару) у виробництві харчових продуктів стримується обмеженням асортиментом продуктів із них і відсутністю необхідного обґрунтування нових технологій переробки зерна.

Попереднє вивчення цього питання і зарубіжний досвід свідчать про принципову можливість розширення виробництва нових харчових продуктів у вигляді напівфабрикатів, сухих сніданків, структурованих та інших продуктів швидкого приготування. Популярність таких продуктів зростає у зв'язку з потребою і необхідністю зниження калорійності і вартості їжі при одночасному збагаченні її природними вітамінами та іншими біологічно цінними речовинами, що знаходяться у зерні. Однак виробництво нових харчових продуктів на основі зерна в Україні ще не налагоджено, нема достатнього наукового обґрунтування найбільш перспективних напрямків використання зерна. Розробка їх дозволить розширити асортимент і обсяг виробництва високоякісних продуктів із зерна.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд важливих питань:

— вивчити хімічний склад і біохімічні властивості найбільш перспективних зернових культур (пшениця, жито, ячмінь, горох, соя та інші), побічних продуктів їх переробки і виявити можливість використання їх для виробництва нових харчових продуктів у широкому асортименті;

— розробити технологію виробництва нових структурованих харчових продуктів із зерна і його анатомічних частин, використовуючи методи плющення, екструдуювання, гранулювання та інші;

— розробити технології виробництва композиційних харчових продуктів на основі зерна;

— розробити технології виробництва спеціальних екологічно чистих сортів муки, в тому числі лікувально-профілактичного призначення.

Вирішення цих питань допоможе створити наукові основи і обґрунтувати нові перспективні технології переробки зерна.

Дослідження хімічного складу сучасних пшениць і ячменю, вирощених в Україні, показали відносно високу їх якість. Так, в залежності від скловидності м'яких пшениць, кількість білка в них коливається від 11,2 до 14,0 %, крохмалю — від 74,8 до 64,3 % при зольності 1,56 — 1,73 %. У порівнянні з пшеницею ячмінь характеризується високим вмістом клітковини і пентозанів (майже 18 %), що складають основу кліткових плівок. Ячмінь містить в собі також значну кількість білка (14,8 %), що перевищує його наявність у пшениці.

Значний інтерес викликають такі анатомічні частини зерна пшениці як зародок і оболонки, які для виробництва харчових продуктів практично не використовуються. У технологічних процесах переробки пшениці в сортову муку, а також ячменю в крупу анатомічні частини зерна окремо не виділяються, — вони потрапляють переважно в побічні продукти, які складаються із суміші різних анатомічних частин (висівки, зародковий продукт, мучка та інше). Ці продукти використовують як кормові, хоча за хімічним складом і біологічними властивостями їх можна віднести до продуктів високої якості і застосувати у харчовому виробництві.

У табл. 1 представлено хімічний склад шеничних висівок, які одержано окремими потіками при сортовому помелі пшениці. При-

ведені результати показують, що у висівках білка, пентозанів, клітковини, жиру і золи більше ніж у вихідному зерні, хоча менше крохмалю, який міститься тільки в ендоспермі.

Висівки драних систем вміщують білка на 10—15 % більше, ніж висівки розмельних і вимельних систем, в них також більше клітковини, пентозанів, золи, але менше крохмалю, жиру і цукру тому, що у ці висівки попадають поверхневі шари зерна, а вони складаються із плодових і насінневих оболонок. Спостерігається нерівномірний розподіл вітамінів у різних потоках висівок. Більшість із них зосереджена в потоках висівок з розмельних і вимелюючих систем, на яких розмелюють алейроновий шар, зародок, де найбільше вітамінів. Нашими і других авторів дослідженнями встановлено, що при сортових помелах пшениці у висівки переходить 25—30 % білка, 8—10 % крохмалю, 55—65 % жирів, 60—70 % мінеральних речовин, 85—90 % харчових волокон і 60—80 % вітамінів групи В і Е. У висівках містяться майже всі ферменти, що забезпечують специфічні реакції обміну речовин. Білки висівок у порівнянні з білками сортової муки більш повноцінні за амінокислотним складом: вміст лізіна в них на 50—70 % вищий, ніж у муці, а співвідношення вуглеводів з білками у висівках збалансовано краще, ніж у муці 2-го сорту.

Потоки висівок з різних систем технологічного процесу сортового помелу пшениці неоднорідні як за хімічним, так і за гранулометричним складом. Висівки, що одержано в розмельному процесі і при сортуванні продуктів вимелу, мають вищу дисперсність у порівнянні з висівками драного процесу (середній розмір 300—340 мкм проти 600—650 мкм). Для дрібних висівок розмельного процесу характерна підвищена амілолітична і протиолітична активність ферментів.

Проведені дослідження хімічного складу і біохімічних властивостей пшеничних висівок підвищують їх високу харчову цінність, а наведені нові дані про склад різних потоків висівок дають можливість вибору найбільш цінних із них для використання у виробництві харчових продуктів підвищеної якості.

Пшеничний зародковий продукт, що одержують на мукомельних заводах сортового помелу, через складності зберігання і транспортування направляють у висівки і використовують як кормовий продукт. Хімічний склад зародкового продукту, що містить зародок із щитком, а також частинки оболонок і ендосперму наведено в таблиці 2. Ця ж таблиця показує хімічний склад ячмінної мучки, яку виділено при виробництві перлової крупи. Вона складається із частинок муянистого ядра, алейронового шару, зародка і оболонок.

Таблиця 1

Хімічний склад пшеничних висівок по потоках (в % на суху речовину)

Хімічний склад висівок	Висівки		
	драних систем	розмельних систем	сортировки вимелу
Білок	17,4	15,2	15,0
Цукор	3,8	4,2	4,6
Крохмаль	26,7	30,3	32,2
Клітковина	16,7	14,8	15,0
Пентозани	26,4	23,3	23,8
Жир	4,2	5,3	4,0
Зола	5,8	4,3	3,8
Вітаміни (в мг %)			
В ₁	1,05	1,46	0,98
В ₂	0,19	0,23	0,17
В ₆	1,42	1,87	1,01
Е	0,30	2,18	3,8

Таблиця 2

Хімічний склад пшеничного зародкового продукту і ячмінної мучки
(в % на суху речовину)

Хімічний склад	Пшеничний зародковий продукт	Ячмінна мучка
Білок	30,3	16,3
Цукор	24,3	6,3
Крохмаль	14,2	52,8
Клітковина	2,1	4,2
Пентозани	8,4	12,1
Жир	13,6	4,3
Зола	4,5	2,3
Вітаміни (в мг%)		
В ₁	4,2	1,3
В ₂	1,26	0,62
В ₆	2,1	1,12
Е	12,0	4,2

Із таблиці 2 видно, що пшеничний зародковий продукт і ячмінна мучка на 80—82 % складаються із цінних у харчовому відношенні речовин (білок, цукор, крохмаль, жир), в ньому міститься 30,3 % білка, 14 % жиру. Особливу цінність зародковому продукту надає високий вміст вітамінів групи В і вітаміна Е (12 мг%).

На підставі результатів, одержаних при вивченні хімічного складу і біохімічних властивостей побічних продуктів переробки пшениці і ячменю, можна зробити висновок про їх високу харчову і біологічну цінність, отже, доцільність використання для виробництва нових харчових продуктів із зерна.

Таким чином, дальший розвиток технології комплексної переробки зерна з максимальним використанням його потенціальних можливостей має широкі перспективи.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ, МАКАРОННОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Л. І. Карнаушенко, Г. Ф. Козлов

Проблема забезпечення населення України продуктами харчування є однією з насущних. Її рішення має не тільки економічне, а й соціально-політичне значення [1].

Найбільш важливими продуктами харчування є хлібобулочні, макаронні та кондитерські вироби. Хліб — основа основ харчування людини, він був, є і залишається продуктом номер один. Щоріч-

но в Україні випікають 7,5 млн тонн хлібобулочних виробів; більше половини цієї продукції виробляють підприємства Укрхлібпрому, до якого входить 400 хлібозаводів, 173 кондитерських цеха та 8 макаронних фабрик [2].

Продовольча база кондитерської промисловості країни включає 28 кондитерських фабрик, 4 виробничі об'єднання, більша частина яких перейшла на орендний підряд з перспективою викупу. Макаронна промисловість України об'єднує 32 підприємства та цеха, в тому числі 11 спеціалізованих фабрик. Галузь щорічно виробляє 326 тис. тонн макаронних виробів.

При переході до ринкової економіки поряд з великими підприємствами росте сітка малих: пекарень, кондитерських, макаронних виробництв. Часто такі підприємства створюються в районних центрах, селах, де в повній мірі можна використати місцеву сировину, скоротити виробничі затрати на транспорт, забезпечити населення свіжими продуктами харчування.

Розвиток і удосконалення хлібопекарської, макаронної та кондитерської галузей промисловості доцільно вести за такими напрямками:

- розробка та впровадження прогресивних технологій хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів;
- створення та впровадження у виробництво технологічного устаткування, механізованих та комплексно-механізованих ліній для виробництва усіх видів борошняних та цукристих виробів при мінімальних матеріало-, трудо- і енергозатратах;
- механізація вантажно-розвантажувальних транспортно-складських робіт з сировиною та продукцією;
- розробка нових видів хлібобулочних, макаронних та кондитерських виробів спеціального та лікувально-профілактичного призначення для різних груп населення з використанням місцевої сировини, а також нових видів нетрадиційної сировини;
- підвищення якості виробів;
- розробка методів та приладів для визначення фізико-хімічних та реологічних параметрів сировини, напівфабрикатів та продуктів.

Провідним напрямком є розробка та впровадження прогресивних технологій виробництва хлібобулочних, макаронних та кондитерських виробів, що дозволять здійснити підвищення якості виробів. Оригінальні рішення багатьох технологічних процесів по виробництву хліба, кондитерських виробів та макаронів має бути забезпечено відповідним апаратним устаткуванням.

У процесі приготування тіста для хлібобулочних, макаронних та кондитерських виробів особливе значення має отримання однорідних рецептурних сумішей тіста, що визначає хід технологічного процесу та якість продукції. Багатокомпонентні харчові суміші є висо-

У технології формування корпусів цукерок найбільшої уваги заслуговує досвід фірми «Світоч» (м. Львів) — одержання помади прискореним способом з попереднім охолодженням і транспортуванням в шнековій камері, поміщеній у «сорочку» з наступним формуванням корпусів цукерок методом екструзії. Застосування у кондитерській промисловості цього методу підвищує якість виробів та економить енергоресурси.

Перспективним напрямком у технології кондитерських мас є випарювання в тонкій плівці. При цьому підвищується якість помади за рахунок скорочення приросту редуруючих речовин, зменшуються енергозатрати. Особлива увага звертається на популярні у споживачів пастило-драгляні вироби, для виготовлення яких є достатньо сировини (фруктів та овочів).

ОТІХП ім. М. В. Ломоносова разом з Одеським ВО кондпромом розробили технологію драгляного мармеладу з добавками молочно-го сирівцю (а. с. № 938909610, № 1045443). При цьому драгляна спроможність агароїду, пектину збільшується, що зменшує їх витрати. Технологію впроваджено у виробництво, а вироби демонструвалися в Лейпцігу на міжнародній ярмарці.

У макаронній промисловості актуальною є розробка технології макарон з борошна м'яких пшениць з використанням поліпшуючих добавок, удосконалення режимів змішування тіста та сушінням сирих виробів.

Багато нових технологій, розроблених на рівні світових стандартів, не мали значного впровадження із-за відсутності потрібного устаткування. Після розпаду СРСР більша частина харчового машинобудування залишилась за межами України. Підприємства, що розташовані в Україні (Вілопільський, Ніжинський, Смілянський, Барський, Одеський та ін.), не можуть задовольнити потреби харчової промисловості в технічному переоснащенні, особливо при розповсюдженні малих підприємств.

У зв'язку з конверсією машинобудування оборонної промисловості ряд підприємств розпочав виготовлення устаткування та поточних ліній для харчових галузей. НВОХарчомаш, Київський завод «Харчомаш» протягом 1993—1995 рр. повинні організувати випуск устаткування для малих пекарень потужністю 0,5—1,0 т/зміну, устаткування для кондитерської галузі.

Особливої уваги заслуговують питання механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних і транспортно-складських робіт. Дальший прогрес у вирішенні проблеми транспортування борошна від млина до хлібозаводу можливий на основі використання контейнерів великої місткості (10, 20 і більше тонн). Така організація перевезення борошна може замінити дорогі в будівництві та експлуатації сучасні склади безтарного збереження борошна, а також спеціалізовані борошновози. Контейнери можуть бути одиницею зберігання і транспортування різними видами транспорту (не тільки ав-

томобільним). Особливо це вигідно в сільській місцевості, де значна частина борошна йде перевалкою через реалізаційні бази. Нових підходів вимагають операції з готовою продукцією. Потрібні безтарні перевози іншої сировини, перш за все цукру в кондитерській галузі.

Велике значення має виробництво продуктів спеціального лікувально-профілактичного призначення, у тому числі з радіопротекторними властивостями. Виробництво такої продукції може значно поліпшити стан здоров'я людей та зменшити дефіцит фармакологічних препаратів.

Борошняні та інші вироби, які є основою раціону харчування людей, часто не відповідають вимогам дієтології і нормам раціонального харчування за змістом харчових речовин. Серед широкого асортименту продуктів харчової промисловості, виробів лікувально-профілактичного призначення дуже мало. При сучасному стані економіки стали дефіцитними деякі види основної сировини, наприклад, борошна в західних районах України. Це вимагає зусиль для зміцнення сировинної бази та більш раціонального використання сировини в переробній промисловості, насамперед за рахунок її прибирання до місць виробництва в сільському господарстві, використання нетрадиційних видів сировини.

Усі борошняні та цукристі вироби неповноцінні за білковим (амінокислотним) складом. Харчовий баланс цих виробів можна значно поліпшити за рахунок білкових культур (соя, горох, амарант), а також побічних продуктів рослинного та тваринного походження (відходи борошномельного, консервного, крохмало-паточного та ін. виробництва). Таким же шляхом можна поліпшити ці продукти за вмістом харчових волокон, мікро- та макроелементів та ін. за зменшенням калорійності виробів, підвищенням їх лікувально-профілактичного та гігієнічного значення.

Технології використання харчових добавок, що мають поліфункціональні властивості, розроблено в ОТІХП ім. М. В. Ломоносова, КТІХП, Київським НДІ добавок. У цих доавках аліментарні речовини знаходяться в природному стані і краще засвоюються в організмі (листяні овочі, амарант, морква, капуста, буряк, картопля та ін.).

Останнім часом значну увагу спрямовано на часткову або повну заміну цукру в рецептурах виробів. Планується виробництво таких замінників з крохмалю різного походження сировини, в тому числі використання кукурузної патоки, замінників цукру-сахарину, аспартаму та ін. [5].

В ОТІХП ім. М. В. Ломоносова розроблено технологію виробництва ферментованого гідролізного крохмального молочка-глюмадину, ферментованих сиропів з різних побічних продуктів зернопереробки. На кафедрі технології хлібопекарських та кондитерських виробництв розроблено технології борошняних та цукристих виробів

для дитячого лікувально-профілактичного харчування [6]. У тому числі розроблено технологію цукристих виробів та драгляній основі з добавками листяних овочів (шпінат, петрушка, салат). Мармелади «Вітамінний», «Весняна галявина», «Чорноморський» та інші захищені авторськими свідоцтвами на винахід.

Для підвищення харчової цінності борошняних та цукристих виробів, зменшення витрат драглеутворювачів розроблено технології використання зародків кукурудзи, харчових волокон, ферментованих висівок, макухи та мучок, вичавок з томатів, яблук, виноградної косточки, листяних та інших овочів, амаранту, солоду та ін.; технологію глазури, яка є винаходом і впроваджена у виробництво.

Затверджено нормативно-технічну документацію на булочку «Кунцевську покращену», в рецептуру якої входить зародок кукурудзи. Вона виробляється на хлібозаводі м. Оренбурга (а. с. №№ 4492156, 4808134, 4904677).

Поліпшення якості хліба, макарон, кондвиробів в умовах ринкової економіки набуває важливого значення. Потрібно змінювати структуру асортименту, враховуючи сировинну базу та потреби населення, в тому числі зменшувати витрати цукру. Поліпшення якості продукції повинно базуватись на основі нової техніки та технології, підвищенні значення контролю якості, роботи Держстандарту, захисту прав споживача. Найближчим часом потрібно створити національні стандарти на сировину та продукцію з сертифікацією продуктів харчування.

Якість харчової продукції не може бути забезпечена при відсутності надійних методів та приладів контролю фізико-хімічних та реологічних параметрів сировини, напівфабрикатів та виробів. Приладобудівні заводи України за невеликим винятком майже не виробляють прилади для харчових галузей.

В ОТІХП ім. М. В. Ломоносова протягом багатьох років ведеться робота по створенню методів і приладів оцінки реологічних параметрів харчових середовищ. Результатом цієї роботи є адгезіометр, універсально-зсувний прилад, прилад для визначення твердості та питомої роботи зруйнування, прилади для визначення здатності до утворення склепінь, злежалості та ін. (а. с. №№ 283659, 418759, 404001, 518699, 968689, 1164589, 1167476, 1330508, 1422084, 1469303, 1536266, 1643839, 1777038). На базі інституту проведено 5 всесоюзних конференцій в цій галузі. Треба продовжити і поліпшити організацію дослідницької та конструкторської роботи з метою випуску серійних приладів для визначення фізичних та хімічних параметрів харчових середовищ. Це потребує значних затрат коштів.

Активна праця у перелічених вище напрямках дасть змогу зміцнити харчові галузі національної економіки та забезпечити населення продуктами харчування високої якості і широкого асортименту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Л. Зінченко. Передбачено цільовою програмою. //Харчова і переробна промисловість. — № 3. — 1993.
2. М. Перевертун. Закрите акціонерне товариство. //Харчова і переробна промисловість. — № 5. — 1993.
3. Козлов Г. Ф. Производство хлебоулучшающих изделий в малогабаритном агрегате непрерывного действия. (М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. — М., 1992. — 30 с.).
4. Тешитель О. В., Карнаушенко Л. И. Биологическая ценность изделий из замороженного теста. Межвузовский сборник научных трудов. Применение искусственного холода в пищевой промышленности. — Л., 1990.
5. Павлов В. И. Ресурсосбережение в индустриально развитых странах. // Пищевая промышленность. — № 5. — 1993.
6. Карнаушенко Л. И., Медведев П. В., Салавелис А. Д. Новые аспекты в совершенствовании технологии хлебоулучшающих и кондитерских изделий. (Сб. «Разработка процессов получения комбинированных продуктов питания»). — Кемерово, 1991. — С. 4.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА ТА КРУПИ ЗА ВЗАЄМОЗАМІННОЮ СХЕМОЮ

В. О. Моргун

Для населення України хліб та крупи є головними та незамінними продуктами харчування, тому підвищення їх біологічної цінності і розширення асортименту — найважлива соціальна проблема [2].

Назріла необхідність розробки технологічних заходів, які б дозволили підвищити ефективність використання цінних периферійних частин зерна пшениці, що мають у своєму складі життєво потрібні для людини баластні речовини, білки, вітаміни, мікро-, макроеlementи, ферменти та інші біологічно цінні поживні речовини [1, 3].

Метою даної роботи є розробка технології одержання крупи пшеничної нешлифованої, яка містить у собі значну кількість периферійних частин зерновки.

Нині у зв'язку з нестачею твердої пшениці на деяких борошномельних заводах виробляють нешлифовану пшеничну крупу з м'якої пшениці при сортових помелах в кількості 3—7 % від маси перероблюваного зерна. Але відбір пшеничної крупи призводить до зменшення виходу борошна високих сортів і погіршення його якості. При відборі крупи в кількості 3,0—5,0 % вихід борошна зменшується на 2,1—3,7 %, зольність борошна підвищується на 0,03—0,04 %, а при відборі 5,0—7,0 % крупи вихід борошна зменшується на 3,7—5,8 %, зольність його зростає на 0,04—0,06 %.

Розроблено технологію виробництва крупи пшеничної нешлифованої з м'якої пшениці скловидністю не менше 50 %, що призначена для невеликих млинів продуктивністю 30—50 т/добу. Вона включає

очистку зерна від домішок на ситоповітряних сепараторах, камене-відокремлювачах, повітряних та магнітних сепараторах, обцистку поверхні зерна в оббивній машині, холодне кондиціювання. Вологість зерна перед спрямуванням на першу здрібнювальну систему повинна бути 14—15 %, час відволоження 3—5 годин. Здрібнення зерна і зернопродуктів здійснюється на вальцових верстатах, сортування продуктів здрібнення — в розсівах, збагачення крупи — в ситовіальних машинах та повітряних сепараторах.

На мал. 1 представлено взаємозамінну схему технологічного процесу, яка дозволяє виробляти крупу пшеничну нешлифовану і борошно хлібопекарське сортове. Крупа відбирається з перших двох драних систем двома фракціями: крупна і дрібна. Крупна фракція характеризується проходом сит № 1,6; 1,4 і сходом сит № 1,0; 0,95, дрібна — проходом сит № 1,0; 0,95 і сходом сит № 0,45; 0,45.

Крупна фракція збагачується на повітряному сепараторі, дрібна — на ситовіальній машині, що дозволяє повністю вилучити із крупи вільні оболонкові частинки. Вихід крупи складає 45—50 %, її зольність 1,73—1,85 %, вміст білка 12—12,8 %, клітковини 1,83—2,22 %, харчових волокон 10,1—10,9 %, вітаміна В₁ — 0,61 мг%, В₂ — 0,11 мг%, В₆ — 0,59 мг%. Крупа має добрі споживчі властивості: час варки каші 7—10 хвилин; коефіцієнт розварювання 5,6—6,2; консистенція каші — напіврозсипчаста.

На всіх системах технологічного процесу відбирається проходом сит № 35—43 борошно хлібопекарське другого сорту в кількості 25—30 %, яке контролюється на контрольному розсіві.

Якщо на підприємстві є зерно пшениці, скловидність якого менше 50 %, то таке зерно доцільно перероблювати в борошно хлібопекарське сортове по цій же схемі, змінивши напрям деяких продуктів. Другий схід з першої і другої драних систем спрямовують відповідно на другу і третю драні системи, проходи ситовіальних машин — на першу розмельну систему, повітряний сепаратор із цієї схеми виключають.

Схема технологічного процесу дозволяє одержати 70—75 % борошна вищого і першого сорту в залежності від якості перероблюваного зерна. Асортимент вироблювального товарного борошна може бути розширений в залежності від потреб населення.

Висновки

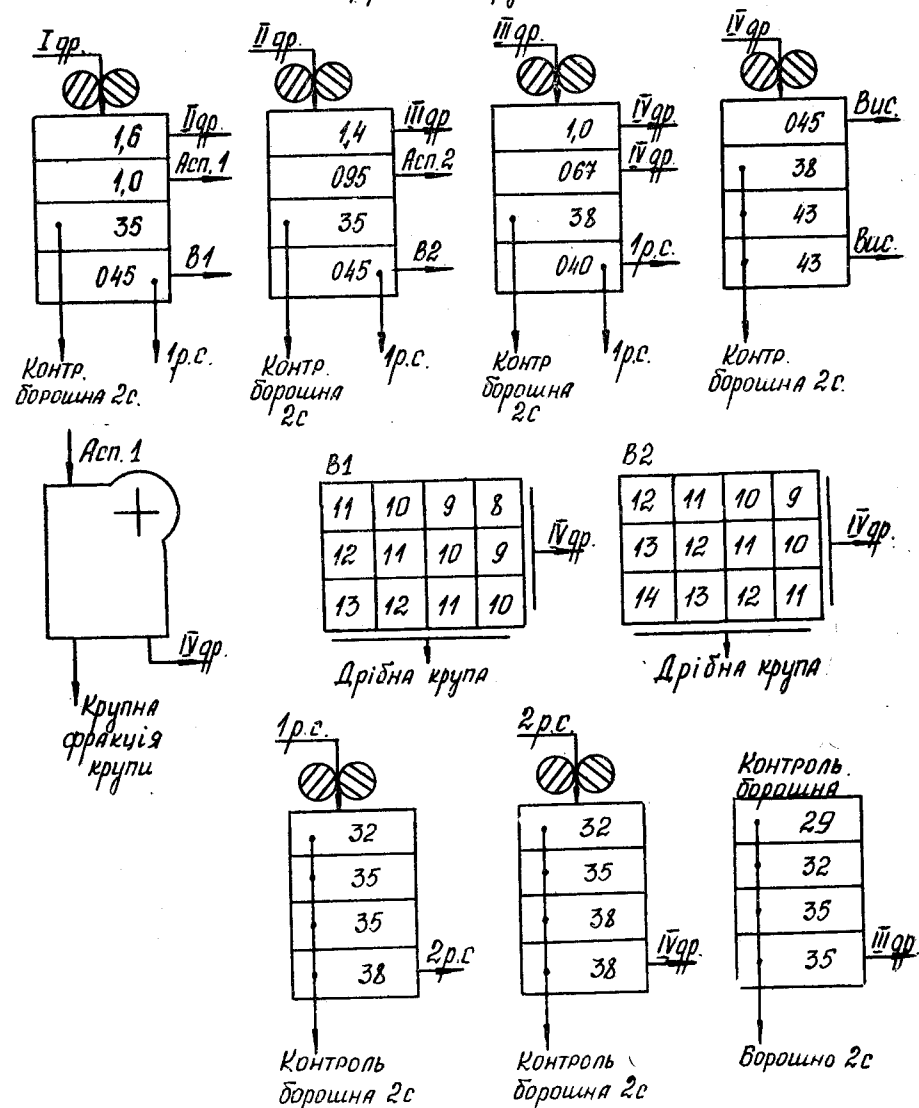
Будівництво таких млинів-крупозаводів невеликої продуктивності, працюючих за взаємозамінною схемою, дозволить:

1. Підвищити ефективність продовольчого використання зерна пшениці.

2. Забезпечити малозаселені регіони необхідним асортиментом борошна та крупи.

3. Знизити транспортні витрати на перевіз борошна і крупи.

Технологічна схема одержання крупи пшеничної



Мал. 1.

ЛІТЕРАТУРА

1. Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. — М.: Колос, 1980. — 319 с.
2. Повышение эффективности использования зерна при переработке его в муку и крупу за рубежом // Обзор, информ. / М.: ЦНИИТЭИ Минзага. Сер. Мукомольно-крупяная пром-сть. — 1983. — С. 44.
3. Риго Я. Роль пищевых волокон в питании // Вопр. питания. — 1982. — № 4. — С. 26—30.

ВИКОРИСТАННЯ АНТИОКСИДАНТІВ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ПОСІВНИХ ЯКОСТЕЙ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

І. С. Крестінков, П. В. Данильчук

Останнім часом у біології широко використовуються антиоксиданти. Як геропротектори вони вже знайшли застосування в медицині (Clausen J., 1990; Scott N. et al., 1990; Бердишев Г. Д., 1990; Сейфулла Р. Д., Борисова, І. Г., 1990). Використовуються вони і як радіозахисні препарати (Бурлакова Е. Б. з співавт., 1975). Антиоксиданти підвищують стійкість геному рослин до мутагенного пошкодження при природному старінні насіння у процесі його зберігання (Синицина Е. Д. з співавт., 1989). В сільському господарстві ряд антиоксидантних сполук використовуються як кріопротектори (Колоша О. І. з співавт., 1986). Розглядається можливість використання їх як регуляторів росту (Кичигин А. А., 1972), пестицидів (Вялих В. В. з спіавт., 1990).

Важливе значення вільних радикалів у функціонуванні живих систем є передумовою багатопланового використання їх у виробничій практиці. Виходячи з цього намічалася програма і методика досліджень.

Як антиоксиданти нами використовувались синтезовані інститутом фізичної хімії АН РФ (Чорноголовка) препарати. Мінімальні фізіологічні концентрації (МФК) антиоксидантів визначалися інститутом фізичної хімії на об'єктах тваринного і рослинного походження. Для вивчення впливу на посівні якості насіння ми використовували 5 концентрацій семи антиоксидантів, починаючи з 1-кратної і закінчуючи 20-кратною МФК. Метою було виявлення концентрацій препаратів, які можна використовувати як стимулянти росту; антиоксидантних концентрацій — для виключення деструктивних процесів у насінні, засипаному на тривале зберігання; і прооксидантних концентрацій, які можна використовувати для моделювання процесів старіння насіння, необхідного для розробки методів ранньої діагностики показників його зберігання.

Препарати, що досліджувались, наносились на насіння разом з 1 %-ним розчином прилипника NaKMЦ. Через 2—3 доби після об-

робки визначались показники посівної якості насіння. Частина обробленого препаратами насіння піддавалася прискореному старінню. Для вивчення впливу зазначених препаратів на польову схожість і врожайні якості аналіз проводився в польових умовах. Оброблене перед посівом насіння закладалося на зберігання. Організовано спостереження за станом насіння в процесі його тривалого зберігання.

Дані по вивченню характеру впливу різних концентрацій семи досліджуваних препаратів представлено на рис. 1. Перш за все необхідно відмітити, що ці препарати за ступенем впливу на посівні якості насіння діють неоднаково. Зменшені концентрації, як правило, гальмують процеси росту. Повищення концентрацій призводить до покращення показників посівної якості насіння. Гранично високі дози практично всюди діють гнітюче, суттєво знижуючи енергію проростання, схожість і масу одержаних проростків.

Таким чином, в залежності від концентрації, антиоксиданти можуть мати властивості інгібіторів, стимуляторів проростання і явними прооксидантними властивостями. В зв'язку з цим є доцільним вивчення впливу вказаних концентрацій не тільки на їх довговічність, але й на врожайні якості насіння.

З метою вивчення можливого впливу антиоксидантів на підвищення господарської довговічності оброблене насіння піддавалося прискореному старінню. Герметично упаковане насіння поміщали в термостат (температура 40 °С) на 4 тижні.

Концентрація препаратів, виявивших інгібіторний вплив (незначно знижуючих показники схожості після обробки насіння) при прискореному старінні найменше знижувала показники посівної якості (у деяких випадках мало місце навіть збільшення у порівнянні з контролем). Концентрації препаратів, які за попереднім дослідом, можна було рекомендувати як стимулятори росту, при прискореному старінні знижували посівні показники. Прооксидантні концентрації в данному дослідженні суттєво знижували показники посівної якості насіння.

Після визначення фізіологічно активних концентрацій оброблені двома найбільш ефективними антиоксидантами партії насіння шести сортів ярого та озимого ячменю, двох гібридів кукурудзи та їх батьківських форм було закладено на довгочасне зберігання.

Данні по довговічності досліджуваних партій представлені в таблиці 1. Низькі концентрації анфену натрію, використані для ярих сортів ячменю, незначно знижують, а в озимих формах, як правило, підвищують показники лабораторної схожості. Збільшення концентрацій анфену натрію для ярих сортів збільшує лабораторну схожість.

Після 12 місяців зберігання насіння в контролі відзначено деяке зниження лабораторних показників посівних якостей. При обробці насіння мінімальними концентраціями анфену натрію зниження по-

Таблиця 1

Вплив різних антиоксидантів на довговічність насіння
ярого і озимого ячменю

Сорт	При закладанні на зберігання				Через 12 місяців			
	концентрація препарату							
	контр.	1 МФК	2 МФК	5 МФК	контр.	1 МФК	2 МФК	5 МФК

Лабораторна схожість

Анфен натрію (1,5 мг на 100 мл)

Прерія	85,0	83,3	93,3	95,0	83,4	83,7	89,4	88,3
Одеський 115	90,0	88,3	91,7	95,0	88,7	89,4	89,0	93,4
Міраж	85,7	86,7	85,0	88,3	84,9	88,6	86,3	85,7
Продуктив	81,7	87,5	93,3	85,0	79,3	87,5	85,4	79,6
Трембіта	86,7	91,7	91,7	80,0	86,1	91,9	90,7	77,8
Росава	83,3	86,7	88,3	90,0	80,5	85,4	87,8	87,3

Ера (юглон) 1,5 мг на 100 мл

Прерія	86,3	83,3	90,0	86,7	83,9	84,6	87,8	85,4
Одеський 115	88,3	91,7	95,0	88,3	88,0	90,8	92,3	84,2
Міраж	85,0	83,3	88,3	81,7	84,3	87,5	88,3	80,0
Продуктив	81,7	90,0	96,7	90,0	76,5	84,6	83,7	78,6
Трембіта	86,7	90,0	86,7	81,7	85,8	91,3	84,8	80,5
Росава	82,4	96,7	86,7	78,3	80,3	83,7	81,7	73,2

Сила росту

Анфен натрію

Прерія	2,02	1,89	2,00	2,26	1,93	1,86	1,94	1,83
Одеський 115	1,78	1,62	1,75	1,90	1,64	1,78	1,86	1,72
Міраж	1,78	1,74	1,67	1,75	1,69	1,73	1,62	1,60
Продуктив	1,46	1,44	1,64	1,43	1,51	1,58	1,58	1,48
Трембіта	1,55	1,56	1,71	1,38	1,51	1,63	1,67	1,24
Росава	1,66	1,62	1,66	1,78	1,69	1,67	1,72	1,72

Ера (юглон)

Прерія	1,98	1,92	2,69	2,25	1,86	1,90	2,43	2,02
Одеський 115	1,80	1,83	1,90	1,81	1,84	1,87	1,81	1,68
Міраж	1,74	1,54	1,91	1,48	1,60	1,64	1,78	1,43
Продуктив	1,49	1,67	1,77	1,55	1,42	1,63	1,59	1,38
Трембіта	1,50	1,63	1,56	1,45	1,42	1,56	1,45	1,31
Росава	1,69	1,81	1,67	1,68	1,64	1,85	1,57	1,24

казників посівних якостей не відбувається. Підвищення концентрації анфену натрію практично всюди призводить до зниження довговічності насіння.

При обробці насіння препаратом юглон мінімальні концентрації тільки у двох випадках (Прерія і Міраж) призводять до деякого зниження показників лабораторної схожості. У решті випадків мало місце збільшення схожості. Підвищення концентрацій спочатку приводить до збільшення, а потім до зниження досліджуваних показників. У тих випадках, де має місце значне збільшення лабораторних показників схожості в процесі зберігання довговічність насіння, як правило, знижується в більшій мірі.

Обробка насіння кукурудзи анфеном натрію також приводить до зміни показників його посівних якостей. Мінімальні фізіологічні концентрації знижували показники посівних якостей, збільшення концентрації препарату приводило до підвищення енергії проростання, лабораторної схожості і маси проростків. Найбільший стимулюючий ефект спостерігався на насінні батьківських форм досліджуваних гібридів.

Отже, і в цьому випадку мав місце антиоксидантний ефект низьких концентрацій препарату і стимулюючий — підвищених концентрацій. Гранично високі — прооксидантні концентрації анфену натрію в даному досліді нами не використовувались.

На рис. 2. представлені дані по впливу анфену натрію на польову схожість насіння двох гібридів кукурудзи і їх батьківських форм. Треба відзначити, що інкрустування впливало на польову схожість насіння гібридів і самозапилених ліній. Польова схожість насіння самозапилених ліній практично всюди зростала, а у гібридного насіння відзначалося зниження даного показника.

Передпосівна обробка насіння кукурудзи антиоксидантом приводила до збільшення польової схожості. Проте реакція гібридного і самозапиленого насіння на концентрацію препарату неоднакова. Збільшення концентрації анфену натрію підвищувало показник польової схожості тільки у гібридного насіння, самозапилених ліній із збільшенням дози препарату польову схожість знижувало.

По врожайності кукурудзи одержано результати, аналогічні даним по польовій схожості (рис. 3). Збільшення концентрації препарату приводило до росту продуктивності тільки у гібридних форм; підвищені концентрації на материнські форми діють негативно.

Таким чином, антиоксидантам властива багатостороння дія. Воно пояснюється перед усім важливим значенням вільнорадикальних реакцій у функціонуванні процесів життєдіяльності. Існуюча в нормі інтенсивність вільнорадикального окислення в клітині зумовлює постійний рівень продуктів, що служать інгібіторами метаболізму та інгібіторами клітинного тиску та росту.

Як підсилення, так і послаблення вільнорадикального окислення можуть призводити до відхилення від норми. Ступінь цього відхи-

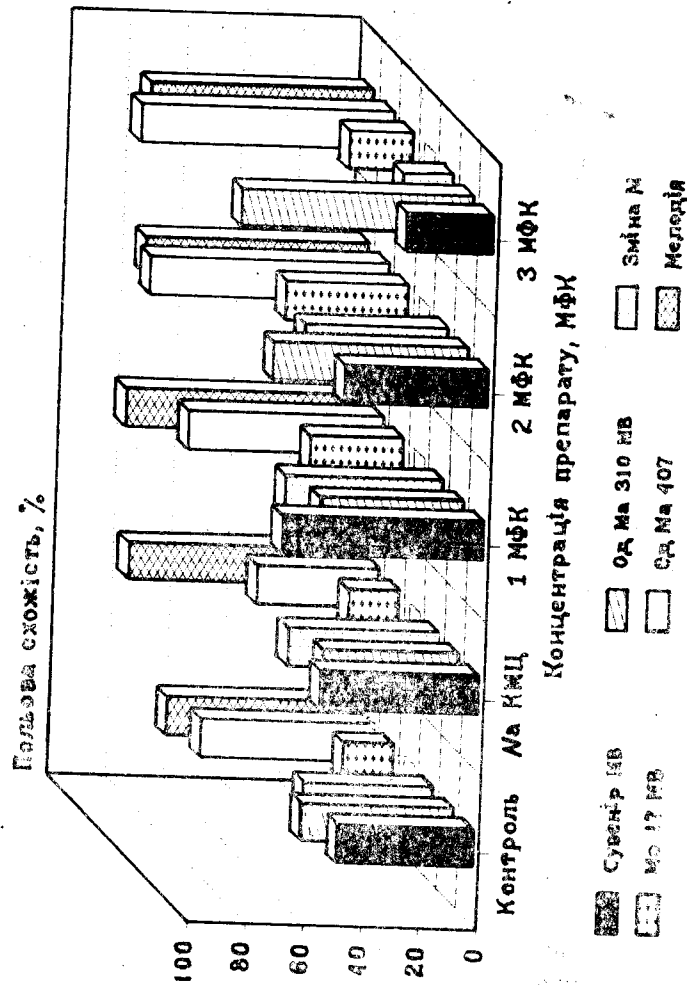


Рис. 2. Вплив анфену нарію на польову схожість насіння різних ліній і гібридів кукурудзи

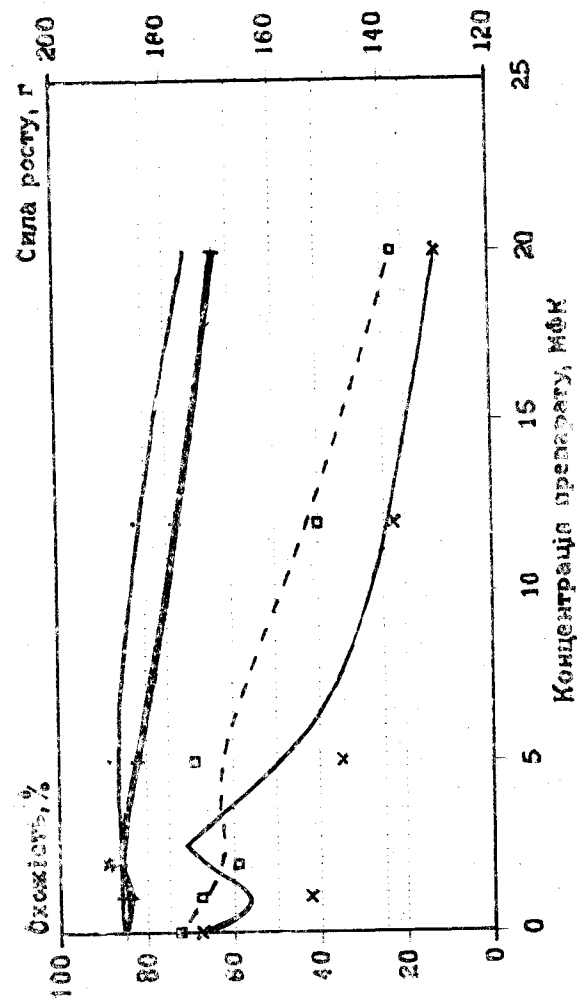


Рис. 3. Вплив анфену нарію на врожай зерна різних ліній і гібридів кукурудзи

лення регулюється системою антиоксидантів. Ефект дії антиоксиданту, як показали проведені дослідження, залежить від фізіологічного стану насіння. Тому при практичному використанні антиоксидантів для поліпшення посівних та врожайних якостей насіння, а також його господарської довговічності на перший план виступає проблема розробки ефективних методів діагностики фізіологічного стану посівного матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бердышев Г. Д. Геропротекторы в системе антимутагенного и амутагенно-го образа жизни человека. Гериатрические средства: экспериментальный поиск и клиническое использование. Тез. и реф. докл. Всес. симп.—Киев, 9—11 окт., 1990. — С. 18—19.
2. Бурлакова Е. Б., Алексенко А. В., Молочкина Е. М., Пальмина Н. П., Храпова Н. Г. Биоантиоксиданты в лучевом поражении и злокачественном росте. — М.: Наука. — 1975. — 211 с.
3. Вялых В. В., Гранин Е. Ф., Бакулев В. А., Гизатуллина Э. М., Доброхотов О. В., Дрюк В. Г., Зенин И. Н., Ларионова В. Г., Лисецкая И. В., Пальцун С. В., Сипягин А. М., Карцев В. Г. Фунгицидная и инсекто-акарицидная активность соединений, испытанных в СКНИИФ (ОИХФ АН СССР, 1988—1989) // Химия биологически активных гетероциклов. — Черноголовка, 1990. — В. 1. — С. 224—250.
4. Кичигин А. А. Прорастание семян пшеницы при воздействии физиологически активными веществами // Сельскохозяйственная биология. — 1972. — Т. 7. — 4. — С. 626—628.
5. Колоша О. И., Дубур Г. Я., Карасев Г. С., Рябокляч В. А., Озолс Я. Я. Антиоксиданты ионол и дилудин как модификаторы морозо- и заморозкоустойчивых растений // Доклады ВАСХНИЛ. — 1986. — 8. — С. 10—12.
6. Сейфулла Р. Д., Борисова И. Г. Проблемы фармакологии антиоксидантов. Фармакология и токсикология (Москва). — 1990. — 53. — 6. — С. 3—10.
7. Синицина Е. Д., Мехти-Заде Э. Р., Алекферов У. К. Биоантиоксидантная регуляция старения семян растений // III Всесоюзная конференция «Биоантиоксидант». Тезисы докладов. — М., 1989. — Т. 1. — С. 183.
8. Clausen J. Antioxidantien in der Geriatrie / Orthomoleculove. — 1990. — 6. — 2. — P. 64—68.
9. Scott N., Brown J., Belch J. J. F., Jennings P. E. The in vitro free radical scavenging effect of sulphonylureas: Brit. Diabet. Assoc. Med. and Sci. Sec. Spring Meet., Glasgow, 22—24 March, 1990: Abstr. Sci. Pap. and Post. // Diabet. Med. — 1990. — 7. — 1. — Suppl. — P. 12.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОСВІТЛЕННЯ ЯБЛУЧНОГО СОКУ ПЕКТИНОВИМИ КИСЛОТАМИ

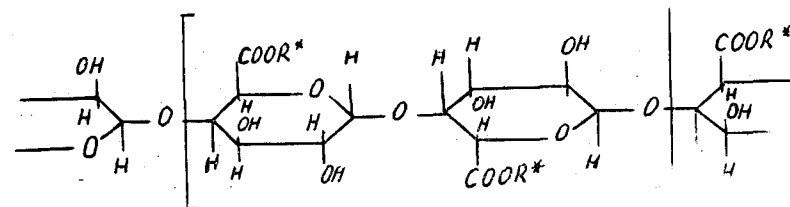
А. Т. Безусов, О. С. Зверькова, Г. І. Павлашова

Освітлення яблучного соку в виробничих умовах завжди пов'язане з певними труднощами. Так, при освітленні ферментними препаратами порушується безперервність виробничого циклу, стають необхідними великі місткості і приміщення. Використання бентоніту для освітлення призводить до різкого зниження в соках кислот, цукрів, поліфенольних, пектинових, мінеральних та інших речовин,

завдає сокам специфічного «земельного» присмаку. Освітлення желатином і таніном не завжди дає потрібний технологічний ефект, вимагає тривалої витримки соку з освітлювачем (6—10 годин) при зниженій температурі 10—12 °С [2].

Враховуючи труднощі виробництва освітлених соків, метою досліджень вибрано розробку технології освітлення яблучного соку пектиновими кислотами.

Пектинові кислоти являють собою низькометоксильовані пектинові речовини із ступенем етерифікації (СЕ) менше 50 % [1].



Низькометоксильовані пектинові речовини є природною складовою частиною яблучного соку і в певних концентраціях викликають освітлення плодово-ягідних соків. Вони утворюються за рахунок дії пектинестераз, які знаходяться в соці. Їх кількість і швидкість утворення залежать від хімічного складу сировини і активності пектинестераз яблук [1, 3].

Оскільки пектинові кислоти різняться між собою ступенями етерифікації в широкому діапазоні, нами досліджено кінетику деетерифікації 1 %-ного яблучного пектину Іп КОН [1]. За допомогою цих кінетичних кривих вдалося встановити час деметоксилювання, необхідний для того, щоб досягти певного ступеня етерифікації. Отримані дані лягли в основу експеримента по вишукуванню оптимального ступеня етерифікації пектинових кислот, що використовуються для освітлення соку.

З метою розробки технології освітлення яблучного соку пектиновими кислотами було проведено дослідження по визначенню доз низькометоксильованих пектинових речовин із ступенем етерифікації від 50 до 2 %. Для цього в свіжий відпресований яблучний сік добавляли розчини пектинових кислот (у вигляді пектинату) в дозировках 0,0125—0,25 %; сік підлягав підігріванню до температури 85 °С і охолодженню до 40 °С, фільтруванню, потім його фасували в банки 1—58—250. На основі проведених досліджень було встановлено, що найкращі результати отримано при внесенні освітлювача в кількості 0,2 %. Соки зберігали протягом трьох років, при цьому вони були стабільно прозорими. В цих же зразках визначали ряд фізико-хімічних показників, які представлено в таблиці 1. Експери-

* R — радикали іонів H⁺ або груп CH₃.

ментальні дані свідчать про те, що інтенсивність забарвлення після освітлення яблучного соку пектинатами знижується на 40...85 % у порівнянні з контрольним зразком, що видно з рис. 2. При цьому кольоровість зменшується на 60...90 %, масова доля сухих речовин, цукрів, титрованих кислот знижується мало — на 0...0,4 %. Знайдено, що при такій обробці збільшується зміст пектинових речовин на 21...39 %, колоїдів — на 56...66 %. Також підвищується в'язкість соку на 7...14 %. Встановлено оптимальний ступінь етерифікації, що дорівнює 15 %.

На основі експериментальних досліджень нами розроблено комплексну технологію переробки яблук на сік з використанням відходів для виготовлення освітлювача безпосередньо на заводі по мірі необхідності (рис. 3).

За цією технологією було виготовлено дослідну партію консервів «Сік яблучний натуральний» На Біляєвському заводі харчових продуктів. Дослідження, проведені в промислових умовах, показали ефективність запропонованого методу освітлення, можливість його реалізації в існуючому технологічному процесі і вагомій переваги.

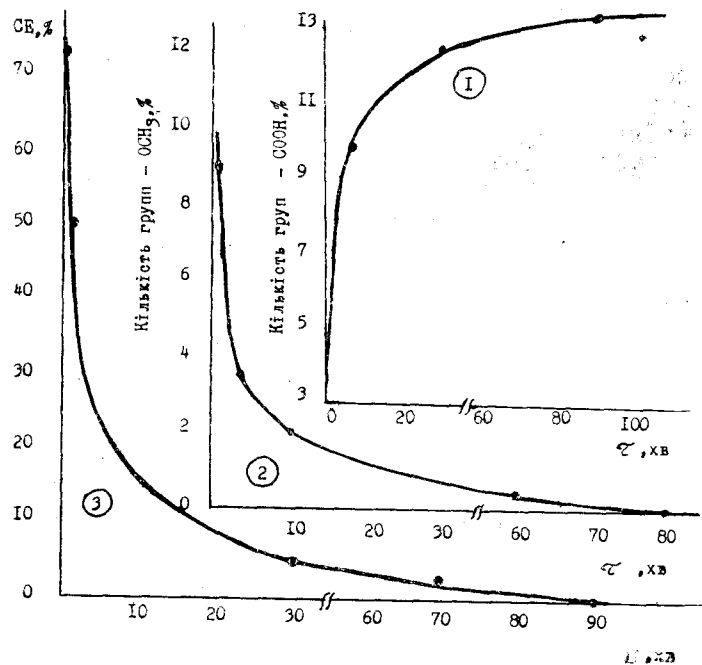


Рис. 1. Кінетика деетерифікації 1 %-ного яблучного пектину Іп КОН.

- 1 — кінетика створення вільних карбоксильних груп;
2 — кінетика створення метоксильованих груп;
3 — зміна ступеня етерифікації (СЕ) пектину від тривалості лужної обробки (τ).

Таблиця 1

Показник	Сік яблучний пастеризований		Сік з доданням пектинату					
	1	2	5	15	25	50	70	2
Ступінь етерифікації пектату, %	12,0	11,8	11,8	11,8	11,8	12,0	12,0	11,8
Вміст сухих речовин, %	4,24	4,36	4,36	4,36	4,35	4,30	4,25	4,36
pH	11,66	11,60	11,60	11,60	11,60	11,66	11,66	11,60
РВ, %	0,045	0,058	0,059	0,073	0,058	0,047	0,057	0,059
Загальний вміст: пектинових речовин, мг %	0,106	0,294	0,306	0,306	0,294	0,282	0,246	0,306
колоїдів, %	1,68	2,05	2,14	2,07	2,05	2,03	2,00	2,14
Відносна в'язкість, Па с 10 ⁻³	1,584	0,270	0,285	0,235	0,270	0,722	1,324	0,295
Інтенсивність забарвлення	0,812	0,052	0,084	0,50	0,052	0,290	0,432	0,084
Кольоровість								

Примітка. Титрована кислотність у всіх зразках 0,16 %, загальний вміст аскорбінової кислоти в пастеризованому соці 2,6 мг % з доданням пектинату 2,5.

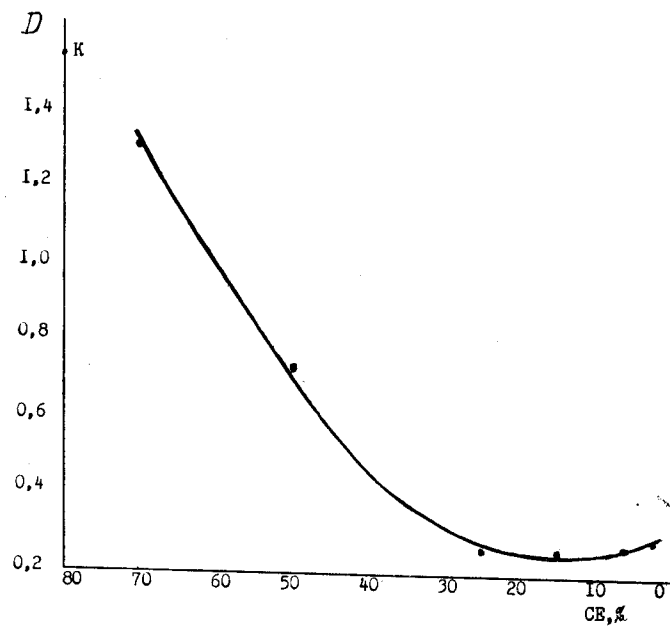


Рис. 2. Залежність інтенсивності забарвлення яблучного соку від ступеня етерифікації (CE) пектинату:

D — оптична густина соку при довжині хвилі 420 нм;
K — оптична густина соку в контрольному зразку.

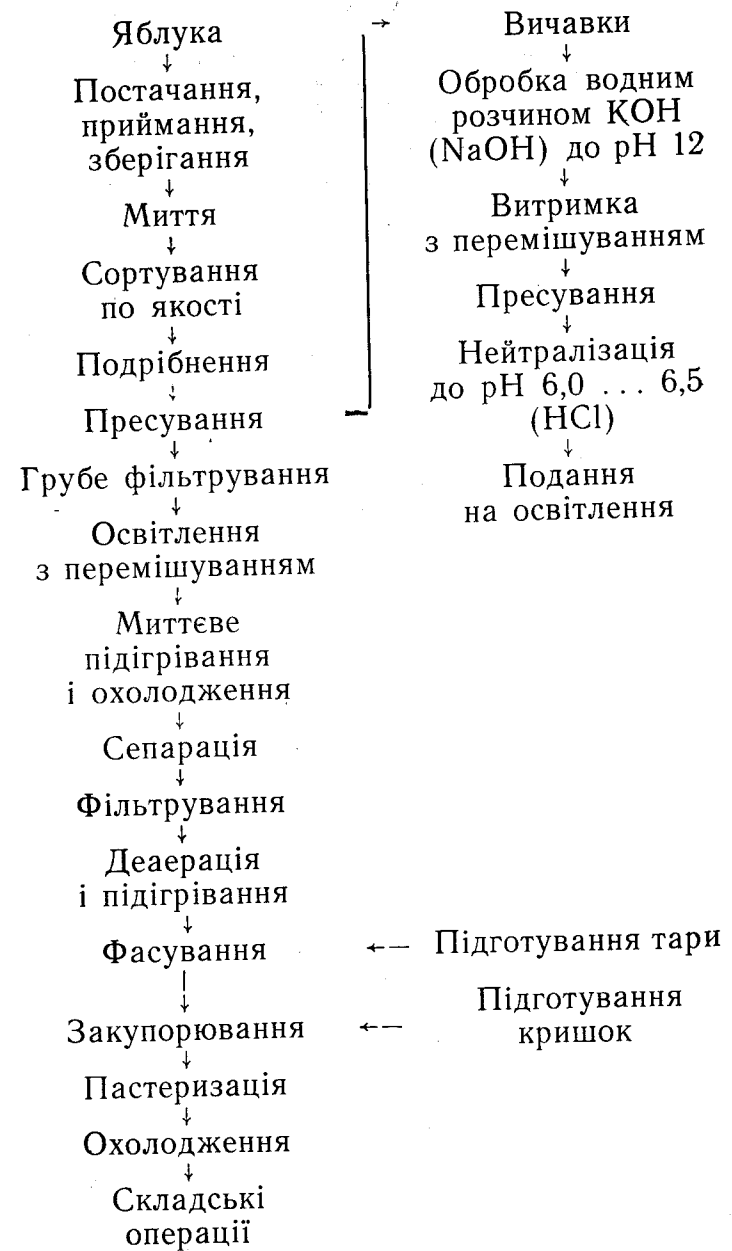


Рис. 3. Технологічна схема освітлення яблучного соку пектиновими кислотами, отриманими із сирих яблучних вичавок

1. Пектин. Производство и применение / Н. С. Карпович, Л. В. Донченко, В. В. Нелина и др. Под ред. Н. С. Карповича. — К.: Урожай, 1989. — 88 с.
2. Самсонова А. Н., Ушева В. Б. Фруктовые и овощные соки (Техника и технология) — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1990. — 287 с.
3. Шелухина Н. П. Научные основные технологии пектина / Отв. ред. З. Б. Бакасова, АН Кирг. ССР, Ин-т органической химии. — Ф.: Илим, 1988. — 168 с.

КОЛОЇДНО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ НЕПРОЯСНЕНИХ СОКІВ ТА СОКІВ З М'ЯКОТТЮ

В. О. Борисов, О. Ф. Загибалов, Т. О. Дідоренко

Однією з основних проблем сокового виробництва є стабілізація харчових дисперсних систем — непрояснених соків та соків з м'якоттю.

Нині промисловість виробляє плодово-ягідні соки трьох типів: прояснені прозорі, з яких вилучено завислі частинки та колоїди; непрояснені, в яких збережено всі колоїдно-дисперговані речовини та невелика частина суспензійного ступеня дисперсності; соки з м'якоттю, в котрих разом з колоїдними речовинами міститься частина тонко диспергованої м'якоти.

Соки непрояснені й соки з м'якоттю мають більш повний і гармонійний смак, а також вищу харчову цінність, ніж прояснені. При одержанні останніх втрачається значна частина поживних речовин, які містяться у колоїдно-розчинній фазі соків. Так, при першому нагріванні склад колоїдної фази зменшується на 15—20 %, при проясненні втрати складають біля 25 %. Вміст необоротних колоїдів в непрояснених соках коливається в межах 3,66—25 % від їхньої кількості; в прояснених — від 2,5 до 12,9 % [1, 2]. В складі виділених з соків колоїдів міститься 10—13 % білків, 9—13 % пектинових речовин та ін.

Специфічні вимоги, що ставляться до якості непрояснених соків з м'якоттю, — збереження натуральних властивостей свіжих плодів та утворення стабільної гомогенної нерозшарованої консистенції — роблять завдання одержання та зберігання таких соків особливо складним. Речовини, які в них містяться — цукор, органічні кислоти, пектинові, білкові речовини, вітаміни, мінеральні солі, дубильні речовини, барвники, крохмаль, клітковина тощо дозволяють розглядати їх як складні побудови біоколоїдів, проблема їх стабілізації набуває першорядного значення. При цьому недостатнім уявляється сучасний рівень знань як про визначені групи речовин (геміцелюлози, слизуваті речовини рослинного походження), які входять до складу дисперсної фази, так і про побудову та склад колоїдів соків в цілому.

Запропонований підхід до стабілізації непрояснених соків та соків з м'якоттю носить принципово новий характер. Він заснований на розгляді плодкових соків як гідрофільних складних біоколоїдів.

Попередні дослідження дозволяють зробити висновок, що для надання стійкості колоїдним системам непрояснених соків та соків з м'якоттю вони мають містити стабілізуючі речовини, що є стабілізаторами цих систем. Ними можуть бути іони електролітів, нейтральні молекули та міцели ліофільних колоїдів, складової частини дисперсної фази цих систем [3]. Одним із основних факторів стабільності є наявність електричного заряду дисперсної фази, що виникає за рахунок утворення подвійного електричного шару після вибіркової адсорбції або поверхової диссоціації функціональних груп. Проте, відсутність електричного заряду частинок дисперсної фази не завжди призводить до негайної деструкції колоїдної структури харчової дисперсної системи. Коагуляційні процеси відбуваються у них повільно і, як правило, зворотно. Це свідчить про те, що міцели ліофільних колоїдів можуть сольватуватись незалежно від їхніх електроповерхневих властивостей.

Таким чином, цілеспрямоване вивчення й регулювання колоїдно-хімічних характеристик дисперсних систем (електроповерхневих, дисперсійних, реологічних, концентраційних) дають змогу керувати процесами стабілізації та дестабілізації непрояснених соків та соків з м'якоттю.

Було проведено комплексне дослідження, обґрунтоване на розгляді дисперсного складу, адсорбційних, електроповерхневих та реологічних властивостей томатного соку, частину результатів наведено в таблицях 1, 2 та на рисунку.

Томатний сік розділяли центрифугуванням на дисперсну фазу та дисперсійне середовище і визначали їхній хімічний склад [4, 5] щодо наявності компонентів, які нас цікавили: пектину, геміцелюлози, вмісту азотистих речовин з наступним перерахунком на білок.

Хімічний склад дисперсної фази та дисперсійного середовища томатного соку наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад дисперсної фази та дисперсійного середовища томатного соку

Хімічні компоненти	Дисперсійна фаза, %	Дисперсійне середовище, %
Пектин	2,3	1,18
Геміцелюлози	2,76	—
Вміст азотистих речовин наступним перерахунком на білок	0,26	0,28

З метою вивчення дисперсного складу томатного соку нами було проведено визначення ступеню дисперсності колоїдних частинок томатного соку в залежності від рН середовища за допомогою макрокопічного та ситового методів (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив рН середовища на ступінь дисперсності частинок томатного соку						
Ступінь дисперсності, мкм	% вміст дисперсної фази					
	2,45	3,1	3,4	4,0	4,5	5,2
40	4,90	6,86	2,18	4,78	5,93	5,84
40—250	58,27	41,95	8,91	25,30	34,95	33,20
500—1000	12,22	24,96	20,91	24,26	25,13	25,34
1000—1500	14,58	16,14	30,95	18,43	18,38	18,10
1500—2000	9,53	12,62	38,20	26,85	14,97	15,46

Як видно з таблиці, основною є фракція з розміром частинок від 40 до 250 мікрон. Із збільшенням рН від 2,45 до 5,2 відбувається перерозподіл масової долі частинок у середині кожної фракції. Для дрібнодисперсних фракцій масова доля їх спочатку зменшується до рН=3,4, а потім збільшується і при рН 4,5—5,2, доходячи до максимуму, стає більш-менш постійною. Ці дані добре корелюються з результатами електроповерхневих та реологічних факторів.

Для оцінювання реологічних властивостей томатного соку визначали його коефіцієнт в'язкості при вибраних раніше значеннях рН. Вимірювання робили з допомогою набору капілярних віскозиметрів Уббелодє з різними діаметрами капілярів [6]. За стандартну рідину брали дистильовану воду.

Дослідження електрокінетичних властивостей томатного соку здійснювали методом макроелектрофорезу [6]. За контактну (бокову) рідину використовували дисперсійне середовище томатного соку, одержане методом ультрафільтрації.

Як видно на малюнку, розмір електрокінетичного потенціалу та в'язкість томатного соку при зміні рН від 2,0 до 6,0 спочатку зменшуються до рН≈3,4 (ізоелектричний стан), а потім зростають при подальшому збільшенні рН до 4,5 і далі практично не змінюються до рН=6,0. Ізоелектрична точка соку може бути змінена у результаті адсорбції на поверхні частинок поліамфолітів (ПАР або високомолекулярних сполук). Оскільки при значеннях рН середовища, близьких до ізоелектричної точки, колоїдні системи, як правило, стають нестійкими, адсорбційне модифікування поверхні частинок часто використовують для захисту від їхньої коагуляції. При такій стабілізації поверхня частинок набуває властивостей адсорбента. При цьому заряд частинок та ізоелектрична точка залежать не тільки від природи стабілізатора, але й від концентрації електролітів.

Склад подвійного електричного шару та розподіл об'ємної густини заряду у подвійному електричному шарі частинок дисперсної фази плодових соків, очевидно, базуються на теорії Штерна із врахуванням поправок Дерягіна-Духіна. На основі вищевикладеного, будову частинок дисперсної фази плодових соків з м'якоттю у спрощеному варіанті можна представити так: на колоїдних частинках м'якоті соків адсорбуються потенціаловизначаючі іони з потенціалом (φ_s), у безпосередній близькості від них знаходяться протиіони адсорбційного шару, які створюють міцний адсорбційний шар, товщиною (δ), що дорівнює приблизно діаметру протиіону. Друга частина протиіонів під дією теплового руху розповсюджується в глибину дисперсного середовища, утворюючи дифузійний шар з потенціалом (φ). Товщина дифузійного шару може бути значною і залежить від властивостей та складу системи.

Крім того, необхідно врахувати, що подвійний електричний шар може утворюватися завдяки орієнтації полярних молекул спряжених фаз у результаті їхньої взаємодії. За таким механізмом звичайно утворюється ПЕШ внаслідок адсорбції недисоційованих молекул, що знаходяться у розчині. Безперечно, такою системою можна керувати, свідомо змінюючи електролітний склад розчину, рН середовища, або вибірково збільшуючи концентрацію у системі стабілізаторів (наприклад, пектинів або органічних кислот), тобто речовин, здатних вибірково адсорбуватися на поверхні часток дисперсної фази, збільшуючи тим самим їхній електрокінетичний потенціал.

Введення ж у колоїдну систему соків індеферентного електроліту, навпаки, здавлює ПЕШ, що призводить до зменшення електрокінетичного потенціалу, втрати заряду колоїдною частинкою та подальшої коагуляції колоїдної системи в цілому.

Таким чином, проведені нами комплексні дослідження дисперсних, реологічних та електрокінетичних властивостей показують, що:

1. Дисперсність частинок може змінюватися (у невеличких інтервалах) самостійно за рахунок процесів адсорбції та десорбції частинками дисперсної фази електролітного фону.

2. В ізоелектричному стані відбувається збільшення частинок внаслідок втрати ними заряду, а також збільшується агрегатна стійкість.

3. Можлива стабілізація частинок за рахунок вибіркової адсорбції або введення в систему мікрокількостей стабілізаторів — речовин, здатних збільшувати заряд частинок та чинити опір їх збільшенню, причому роль стабілізаторів можуть брати на себе використані речовини, що входять до складу соку (пектин, геміцелюлози, білки тощо).

Вищевикладена точка зору повністю підтверджується результатами електрокінетичних та реологічних досліджень.

Подальший розвиток цих досліджень, на наш погляд, дасть можливість створити системний колоїдно-хімічний підхід до управління стабільністю харчових дисперсних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Химический состав пищевых продуктов. Справочник. Книга 1 /Под ред. Скурихина М. М. — М.: В.О. «Агропромиздат», 1987. — 213 с.
2. Загibalов А. Ф., Зверькова А. С., Титова А. А., Флауменбаум Б. Л. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции. — М.: В.О. «Агропромиздат», 1992. — 352 с.
3. Борисов В. О. //Харчова і переробна промисловість. — 1992. — № 8. — С. 13.
4. Марх А. Т., Кржевова А. А. Химико-технический контроль консервного производства. — М.: Пищепромиздат, 1955.
5. Марх А. Т., Зыкина Т. Ф., Голубев В. Н. Технохимический контроль консервного производства. — М., В.О. «Агропромиздат», 1989. — С. 304.
6. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. /Под ред. Ю. Г. Фролова, А. С. Гродского. — М.: «Химия», 1986. — 216 с.

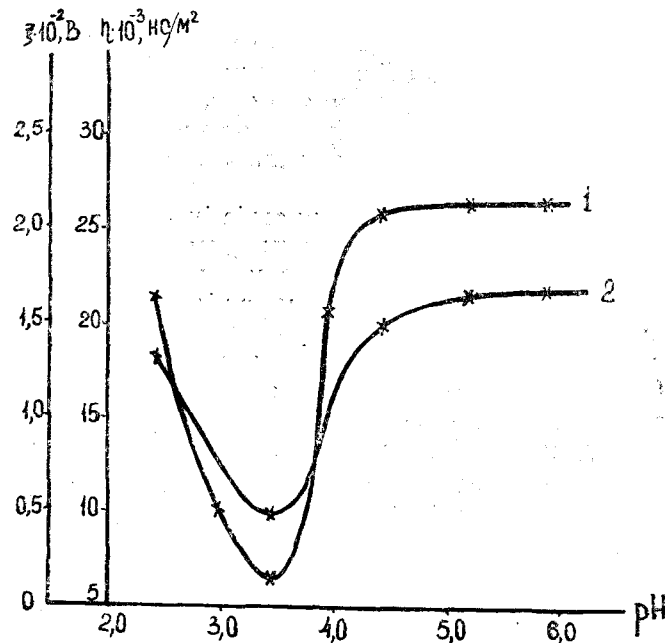


Рис. 1. Залежність коефіцієнту в'язкості (η) — 1 та електрокінетичного потенціалу (ζ) — 2 томатного соку від рН середовища

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ КРІОЗАХИСТУ ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ АЙВИ

Є. Г. Кротов, А. А. Бровченко, Н. В. Громлюк, Е. Д. Шойхет

Одним з найбільш прогресивних способів зберігання рослинної сировини є холодильне консервування, яке дозволяє максимально зберігати натуральні якості плодів та овочів.

Проте, істотною вадою низькотемпературного впливу є пошкоджуюча дія льодоутворення, що знижує технологічну зворотність процесу.

Традиційна технологія холодильного консервування зерняткових плодів з використанням бланшування виявилась малоприсадоною для отримання швидкозамороженої продукції високої якості із айви.

Айва відрізняється високими органолептичними якостями, характеризується сприятливим поєднанням цінних компонентів хімічного складу, у тому числі біологічно активних речовин. Вирощування цієї культури в південних областях України і значний попит на продукцію із айви в інших регіонах обумовили необхідність розробки нової технології заморожування айви, яка могла б забезпечити отримання продуктів гарантованої якості. З цією метою було розроблено комплекс кріозахисту, який включає попередню обробку захисними речовинами, пакування в полімерну плівку з вакуумуванням перед заморожуванням.

Головним в механізмі дії захисних речовин або кріопротекторів є їх здатність зменшувати кількість вільної води, яка кристалізується при заморожуванні і, тим самим охороняє клітину від пагубної дії безмірного льодоутворення, максимально зберігаючи її початкову структуру.

Вибір захисних речовин проводився на основі показників, що характеризують структурні зміни рослинної тканини, — вологостримуючої здатності (ВУЗ), яка визначається по зміні показника вологовіддачі, показника клітинної проникливості (K_n) і органолептичних показників (за системою Хейса), [2, 3].

Як видно з даних таблиці 1, максимальну захисну дію по показникам вологовіддачі та клітинної проникливості (відповідно 27,6... 30,2 та 8643—10288) виявляють такі розчини: 20 %-ний р-н сахарози + 2 %-ний гліцерину, «подвійна сіль», 15 %-ний р-н сахарози + 1 %-ний хлориду кальція. Це свідчить про зниження кріопошкоджень та високу технологічну зворотність процесу заморожування.

Враховуючи дані органолептичної оцінки, для кріозахисту було рекомендовано: 15 %-ний р-н сахарози + 1 %-ний хлориду кальція та «подвійна сіль».

Поряд з дослідженнями названих показників оцінки зберігання якості замороженої продукції проведено дослідження змін аскорбі-

нової кислоти як найбільш лабільного компоненту хімічного складу рослинної сировини. Вітамін С в досліджуваних зразках з обробкою захисними речовинами зберігається на 25 % краще в порівнянні з традиційною технологією заморожування зерняткових плодів з бланшуванням. Виходячи з цих даних можна зробити висновок про стабілізуючу дію кріопротекторів на вміст аскорбінової кислоти.

Пошкоджуюча дія льодоутворення спричиняє істотне зниження якості замороженої продукції при зберіганні, що пов'язане з ферментативними процесами та аутоокисленням.

У зв'язку з цим вивчено вплив вакуумування укладених в пакети з полімерних матеріалів нарізаних скибками плодів айви в комплексі з попередньою обробкою захисними речовинами.

Вакуумування проводилось на установці «Сніжник-2» при оптимальному розрізненні близько 75 ... 80 кПа.

Таблиця 1

Вплив способу попередньої обробки на зниження кріопошкоджень айви

№ розчину	Способи обробки	Дослідні показники			
		вологовіддача, %	показник клітинної проникливості, Ом ⁻¹	кількість аскорбінової кислоти, мг/100 г	органолептична оцінка, загальний бал
	Свіжі плоди	5,4	3398	20,50	18,0
	Заморожені плоди:				
	— за традиційною технологією	68,0	15649	14,54	15,0
	— за технологією з обробкою захисними речовинами:				
1	30 % р-н сахарози + 1 % АК	39,3	11299	22,62	17,5
2	20 % р-н сахарози + 2 % гліцерину	27,6	8643	16,93	17,0
3	«подвійна сіль»	28,0	9407	19,74	17,5
4	15 % р-н сахарози + 1 % хлориду кальція	30,2	10283	20,27	17,5

Як видно з даних таблиці 2, органолептичні показники айви, замороженої з попереднім вакуумуванням, після шести місяців холодильного зберігання практично не змінились (18 та 17,5 балів). Загальний бал органолептичної оцінки при заморожуванні з вакуумуванням прирівнюється до оцінки свіжої сировини, тому що поряд з незначними змінами якості набувається більш ніжна консистенція і знижується терпкість плодів айви, тобто поліпшуються смакові показники продукту. Вакуумування сприятливо впливає на колір

та аромат замороженої айви: зберігається колір свіжого продукту; аромат змінюється на 0,9—1,4 умов. од. (за традиційною технологією—на 5,7 умов. од.). Обробка захисними речовинами плодів айви стабілізує хімічний склад продукту при заморожуванні та подальшому зберіганні.

Таблиця 2

Зміни якості айви при заморожуванні за комплексною технологією

Дослідні показники	До заморожування	Заморожування айви після 6 міс. холодильного зберігання					
		за традиційною технологією	з обробкою ЗР		з вакуумуванням		
			р-н № 1	р-н № 2	р-н № 1	р-н № 2	
Органолептична оцінка, загальний бал	18,0	15,0	17,5	17,5	18,0	17,5	
Кольоровість, умов. од.	0,13	0,21	0,16	0,16	0,13	0,13	
Число аромату, умов. од.	14,0	8,3	10,4	10,8	12,6	13,1	
Вологовіддача, %	5,4	68,0	30,2	28,1	33,8	31,2	
Масова частка:							
сухих речовин, %	15,9	14,2	16,4	15,7	16,7	15,8	
аскорбінової кислоти, мг/100 г	17,6	5,6	10,3	12,4	15,7	15,2	
загального цукру, %	7,2	5,0	8,0	8,9	8,9	8,8	
дубильних та фарбних речовин, %	0,83	0,53	0,75	0,77	0,84	0,80	

Розчин № 1 — «подвійна сіль»

Розчин № 2 — 15 % р-н сахарози + 1 % хлориду кальція

Таким чином, використання розробленої комплексної технології заморожування айви показало можливість отримання значного технологічного ефекту та випуску продукції гарантованої якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Влияние криопротекторов на биологические системы / Юрченко Т. Н., Козлова В. Ф., Скорняков В. А. и др. — Киев: Наук. думка, 1989. — 240 с.
2. Флауменбаум Б. Л. Основы консервирования пищевых продуктов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 268 с.
3. Хейс Р. Новое в технологии консервирования овощей и плодов. (Пер. с нем.) — М.: Пищепромиздат, 1987.

ЦИТОТОКСИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЗИНФІКУЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬ У КОНСЕРВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Р. Ф. Ковбасюк, Ваттаб Фаділь А. Кадір

У консервній промисловості для санітарної обробки тари та устаткування широко використовуються хімічні сполуки різних класів, у тому числі речовини, що містять йод — йодофори.

Згідно з літературною інформацією та даними власних досліджень [2, 4, 5, 6], після санітарної обробки в змивних водах визначають незначну кількість дезинфікуючих препаратів (10^{-6} ... 10^{-7} мг/дм³).

Однак навіть цей мінімальний їх вміст при контакті з харчовими продуктами може завдавати шкідливої дії на організм людини. Тому метою даної роботи було визначення цитотоксичної дії йодофоров — йодовідона, тетрамікса та тетрамікса з йодом, що були рекомендовані для використання як дезинфектанти в консервному виробництві.

Визначення токсикологічної дії зазначених йодофоров здійснено на базі науково-дослідної лабораторії кафедри мікробіології і вірусології ОДУ ім. І. І. Мечникова за участю ст. наук. роб. Т. В. Гудзенко.

Експериментальною моделлю (тест-об'єктом) служила культура клітин нирок ембріона людини (RH), тому що в наш час ця культура клітин широко застосовується при цитологічних дослідженнях [3, 7].

Для оцінки цитотоксичного впливу йодовідона, тетрамікса і тетрамікса з йодом було використано дві тест-реакції: індукція аномальних митозів, зв'язаних з пошкодженням хромосом під час розвитку клітин, а також додаткові показники:

- загальна кількість патологічних митозів, зв'язаних з пошкодженням хромосом і митотичного апарата;
- кількість клітин-гігантів;
- число симпластів.

У зв'язку з тим, що тестуємих препарат тетрамікс являє собою спиртовий розчин, то контролем були також клітини, контаміновані етанолом.

Результати досліджень зведено відповідно в двох таблицях.

Матеріал таблиці 1 показує, що вже в перші 24 години в препаратах, контамінованих тетраміксом і тетраміксом з йодом в концентрації 0,05—5,0 об'ємних %, відмічалася цілковита деградація клітинного моношару («— — —»). Зменшення концентрації цих препаратів приводило до зниження токсичного ефекту. Так, тетрамікс у концентрації 0,0005 об. % не чинив цитотоксичної дії за по-

казником деструкції моношару протягом усього періоду спостереження — 72 години.

Спиртовий розчин тетрамікса з йодом виявив сильніші цитотоксичні властивості: в концентрації 0,0005 % у перші 48 годин викликав морфологічні зміни клітин — дрібнокрапельну вакуолізацію цитоплазми, деформацію ядра. Відзначалась також деструкція 50 % моношару у процесі формування при збільшенні експозиції до 72 годин.

У той же час в контрольних препаратах (неконтаміновані клітини) протягом усього строку спостереження (24... 72 години) морфологічних змін у клітин і деструкції моношару не спостерігалось.

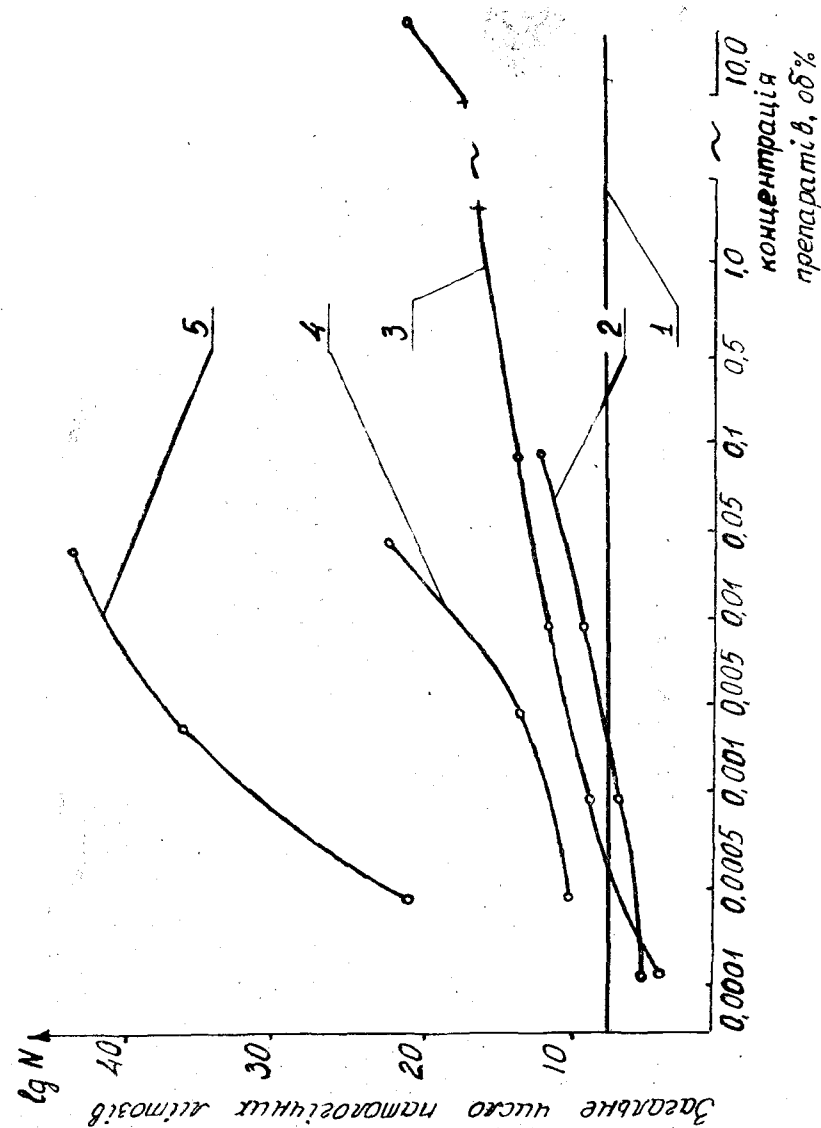
Токсикологічна оцінка водного розчину йодовідону показала, що він викликає слабку цитотоксичну дію на моношар культури клітин

Таблиця 1

Результати оцінки цитотоксичної дії антисептиків на моношар культури клітин RH (1-ша тест-реакція)

Препарат	Концентрація, об'ємні %	Експозиція, година		
		24	48	72
Контроль	0	—	—	—
Етанол	10,0	++++	++++	++++
	1,0	++	++	++
	0,1	+	+	+
	0,01	—	—	—
	0,001	—	—	—
	0,0001	—	—	—
Тетрамікс	5,0	++++	++++	++++
	0,5	++++	++++	++++
	0,05	+++	+++	+++
	0,005	+	+	+
	0,0005	—	—	+
Тетрамікс з йодом	5,0	++++	++++	++++
	0,5	++++	++++	++++
	0,05	+++	+++	+++
	0,0005	+	+	+
Йодовідон	10,0	—	—	+
	1,0	—	—	+
	0,1	—	—	—
	0,01	—	—	—
	0,001	—	—	—

Примітка: «—» — відсутність цитотоксичної дії; «+» — дегенерація 25 % клітин моношару; «++» — дегенерація 50 % клітин моношару; «+++» — дегенерація 75 % клітин моношару; «++++» — дегенерація 100 % клітин моношару.



RH. Так, в препаратах, контамінових максимальними концентраціями (1,0—10,0 об. %), тільки через 72 години відзначали 25 % («+») дегенерації клітин моношару.

Низькі концентрації йодовідона 0,001—0,1 об. % протягом всього періоду спостереження не викликали токсичного впливу.

Облік додаткових показників токсико-генетичної дії (табл. 2, рис.) дозволяє установити, що препарати тетрамікса з йодом в концентрації 0,05—0,0005 об. % дають патологічні митози.

Тетрамікс у концентрації 0,05—0,0005 об. % приводить до незначного збільшення (3,6... 6,1 %) загальної кількості патологічних митозів.

Отже, з допомогою другої тест-реакції (індукція аномальних митозів, зв'язаних з пошкодженням хромосом) виявлено потенційну генотоксичну активність препаратів тетрамікса і тетрамікса з йодом.

Водночас встановлено, що йодовідон індуктує тільки в 2,8 % збільшення загальної кількості патологічних митозів у концентрації 1,0 об. %.

Таблиця 2

Результати оцінки токсико-генетичної активності в культурі клітин RH (2-га тест-реакція)

Препарат	Концентрація, об'ємні %	Кількість патологічних митозів, зв'язаних з пошкодженням хромосом, %
Контроль Етанол Тетрамікс	1,0	2,6
	0,1	3,0
	0,05	6,1
	0,005	5,4
	0,0005	3,6
Тетрамікс з йодом	0,05	31,6
	0,005	28,4
	0,0005	17,6
	0,0001	2,1
Йодовідон	10,0	4,6
	1,0	2,8
	0,1	2,6
	0,01	2,4
	0,001	2,2

ВИСНОВКИ

1. Мінімальна цитотоксична доза спиртових розчинів тетрамікса і тетрамікса з йодом при експозиції 72 години складає 0,0005—0,05 об. %, а водного розчину йодовідону — 1,0 об. %.

2. Токсико-генетична активність тетрамікса і тетрамікса з йодом

Таблиця 1

виявляється в мінімальних цитотоксичних дозах, що відповідає контрольним препаратам.

3. Генотоксична активність найменш виражена у препараті йодовідона.

4. Мінімальні цитотоксичні концентрації антисептичних препаратів тетрамікса, тетрамікса з йодом і йодовідона на 3...4 порядки вищі, ніж вміст їх в змивних водах після санітарної обробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алагеян Р. Г. Моющие и дезинфицирующие средства в молочной промышленности. — М.: Легкая и пищевая про-сть, 1981.
2. Иванова Р. А. Химическая стерилизация резервуаров для асептического хранения плодово-ягодных соков. — Дис. к.т.н. — Одесса, 1991. — 198 с.
3. Казанцев И. А. Патология митоза в опухолях человека. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1981. — 143 с.
4. Ковбасюк Р. Ф., Иванова Р. А. Антимикробные свойства йодофторов. — Тез. докл. VII съезда Укр. микробиологич. общества. — Черновцы, 1989.
5. Методологические указания по использованию культур клеток для биотестирования качества водной среды /Т. В. Гудзенко, Г. А. Кожанова. — Одесса: ОГУ, 1988.
6. Методические указания по определению патогенных свойств бактерий, выделенных из водной среды, на модели культуры клеток /Т. В. Гудзенко, Г. А. Кожанова, Г. И. Синенко. — Одесса: ОГУ, 1988.
7. Рубцова С. Л., Ковбасюк Р. Ф., Татаров П. Г., Руденко Е. Л. Изучение антимикробного действия некоторых дезинфицирующих веществ. — М.: Гигиена и санитария, 1983. — № 12.
8. Рубцова С. Л. Антимикробные свойства модифицированного йодкрахмала и его использование в консервной промышленности. — Дис. к.т.н. — Одесса, 1984.

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ГЕТЕРОГЕННИХ М'ЯСНИХ СИСТЕМАХ З ПОЛІСАХАРИДАМИ

Л. Г. Віннікова

Полісахариди досить широко використовуються в харчових продуктах як структуроутворювачі. В даній роботі вивчено структуроутворюючі функції розчинних полісахаридів — метилцелюлози (МЦ), карбоксиметилцелюлози (КМЦ) і пектина в м'ясних системах. Вивчення умов технологічного суміщення полісахаридів з сировиною тваринного походження показало, що основний вплив вони справляють на консистентні характеристики, які було виділено як ключові.

Дослідження структурно-механічних властивостей модельних систем показало: внесення розчинних полісахаридів у здрібнену м'язову тканину яловичини викликає зміну, точніше зменшення, напруження стандартної пенетрації і періоду релаксації, що свідчить про зниження механічності фаршів (табл. 1).

Структурно-механічні властивості змільченої тканини яловичини з полісахаридами

Зразки	Напруження стандартної пенетрації	Період релаксації	Адгезійно-когезійна міцність, Па
Контроль без полісахаридів	21,5—24,6	36,2—39,9	421—483
Метилцелюлоза	15,1—17,6	33,6—37,1	605—629
Пектин	16,5—19,1	33,2—37,6	667—695
Карбоксиметилцелюлоза	10,1—12,9	35,7—39,4	546—572

Адгезійно-когезійні властивості цих систем значно підвищуються. Процес заморожування-розморожування підвищує напруження стандартної пенетрації в контрольному зразку, що пояснюється частковою втратою вологи при заморожуванні (табл. 2). У фаршах з полісахаридами, за винятком КМЦ, цей показник, навпаки, зменшується як у порівнянні з замороженими фаршами, так і що до контролю. Внесення розчинних полісахаридів підвищує пружні властивості фаршів після розморожування на 12—24 % і адгезійно-когезійні властивості в середньому на 40 %. Після теплової обробки міцностні властивості систем, утримуючих аніонні полісахариди, не мають суттєвих відмінностей від контрольних фаршів, МЦ мають тенденцію до деякого зниження (табл. 3).

Таблиця 2

Вплив процесу заморожування-розморожування на структурно-механічні властивості здрібненої м'язової тканини яловичини з полісахаридами

Зразки	Напруження стандартної пенетрації, 10^{-2}	Період релаксації	Адгезійно-когезійна міцність, Па
Контроль без полісахаридів	26,2—29,8	31,3—35,2	325—367
Метилцелюлоза	12,5—15,7	35,2—38,8	450—481
Пектин	9,8—12,8	40,1—43,2	405—439
Карбоксиметилцелюлоза	11,2—14,5	36,5—38,5	485—521

При аналізі і обговоренні даних нами до уваги обран фізико-хімічний аспект формування структури фаршів, які можна розглядати як наповнені студні біополімерів. Наповнення визначається як сполучення полімерів з твердими речовинами, які відносно рівномірно розподіляються в об'ємі утвореної композиції и ма-

ють чітко виражений кордон розділу з безперервною полімерною фазою (матрицею).

У фаршах тверда фаза утворюється частинами м'язових волокон, з'єднувальної і жирової тканини. У рідкій фазі водорозчинними волокнами, білками м'яса створюється просторова сітка геля.

Таблиця 3

Вплив теплової обробки на структурно-механічні властивості здрібненої м'язової тканини яловичини з полісахаридами

Зразки	Напруження зріза 10^{-2} , Па	Робота зрізання 10^{-2} , Дж/см ²
Контроль без полісахаридів	9,2—10,7	4,9—5,8
Метилцелюлоза	8,3— 9,9	4,8—6,7
Пектин	8,7—10,5	4,7—6,5
Карбоксиметилцелюлоза	8,3—10,0	4,6—6,2

В області двофазного стану структура фаршевих систем визначається, головним чином, структуроутворенням гелевої фази і розподілом в ній твердих часток наповнювачів. Структура і механічні властивості безперервної полімерної матрици зв'язані в свою чергу з міцністю сітки геля і упорядкованістю її структури. При введенні розчинних полісахаридів формується нова структура, основана, як встановлено нами раніше, на утворенні комплексних (пектин, КМЦ) або змішаних гелей (МЦ). Дані досліджень структурно-механічних характеристик модельних систем свідчать про те, що немає чіткої залежності цих показників від організації утвореного геля. Наслідком гелеутворення нового типу під впливом розчинних полісахаридів є підвищення пластичності, що характеризується зниженням напруження стандартної penetрації, деяким зниженням пружних властивостей (період релаксації) і істотним збільшенням адгезійно-когезійної міцності. Останнє зв'язане зі зростанням в'язкості сформованих гелевих систем.

Дослідження структурно-механічних властивостей систем після розморожування показує, що всі досліджувані полісахариди виявляють кріозахисну дію на білкові компоненти м'яса, при чому в найбільшій мірі це відмічено у пектина. Спостережуване зниження такого показника, як напруження стандартної penetрації, свідчить про менші втрати вологи при розморожуванні, тобто про підвищення водоутримуючої здібності білків і системи в цілому.

Теплова обробка модельних систем супроводжується денатураційно-коагуляційними змінами білків — і тих, що входять в тверду фазу, і утворюючих матрицю, що приводить до змінення структури,

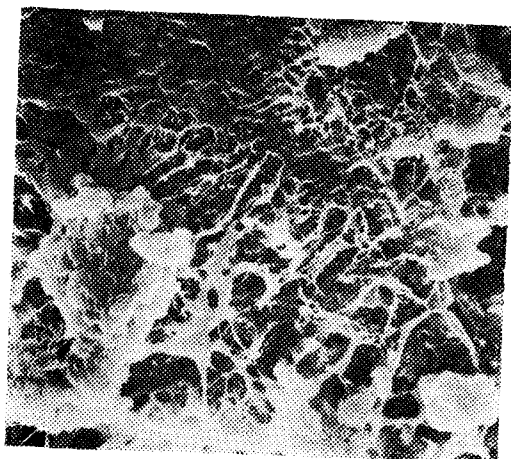


×1000
а)



×1000
б)

Рис. 1. Електронні мікрофотографії термооброблених фаршів:
а) без полісахаридів;
б) з пектином.



×1000
а)



×1000
б)

Рис. 2. Електронні мікрофотографії термооброблених фаршів:
а) з КМЦ; б) з МЦ

відділенню рідкої фази і відповідає високим значенням роботи різання і напруги зріза.

Мікрофотографія структурної основи такої системи без полісахаридів представлена на рис. 1а. Це міцна, щільна структура, характерна для конденсаційних систем, в яких гелева структура (фаза) знаходиться в рідких порожнинах досить великих розмірів.

Пектин сприяє формуванню структури, що відрізняється рівномірним розподілом твердого наповнювача в гелевій матриці (рис. 1б). Розміри мікропорожнин, заповнених рідиною, значно менші, ніж в контролі, і складають 2...7 мкм. Аналогічна картина спостерігається для зразків з КМЦ (рис. 2а).

Збереження термомеханічних властивостей цих систем на рівні контрольних без полісахаридів обумовлено термостійкістю і міцністю сітки гелей, утворених аніонними полісахаридами, для яких стан, подібний до гелю, є термодінамічно стійким.

У зразках з МЦ відсутній просторовий каркас і спостерігається міцна пастоподібна структура мікропорожнини, що характеризується розподіл вологи, дуже рідкі і дрібні (рис. 2б).

Утворення мікроструктури подібного роду зв'язано з тим, що для деяких гелей, в тому числі і утворених МЦ, гелеподібний стан носить метастабільний характер: при тривалому структуруванні гелі перетворюються в пасти.

Резюмуючи вищесказане, можна відмітити, що структуроутворюючі функції розчинних полісахаридів найбільш ефективно використовувати для удосконалювання структури заморожених продуктів.

Пектин і КМЦ покращує структуру термооброблених фаршевих продуктів, МЦ сприяє формуванню у них пастоподібної структури.

Аналіз сукупності даних дозволяє розглядати полісахариди як структуроутворюючі компоненти.

МЕХАНІЗМ НЕФЕРМЕНТАТИВНОГО ОКИСЛЕННЯ ХАРЧОВИХ НАПОЇВ

Ю. Л. Жеребін

Концепція — розгляд проблеми неферментативного окислення харчових напоїв (пиво, соки, вина) з позицій вільнорадикального пероксидного окислення за участю ендогенних фенолів (PhOH) на стадії ініціювання.

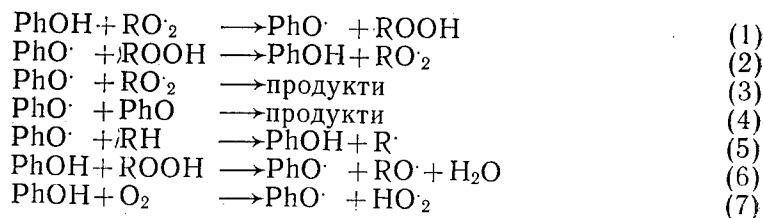
Такий підхід обумовлено такими міркуваннями.

По-перше, він дозволяє відмовитись від емпіричного трактування проблеми з позицій окислювально-відновного потенціалу на користь послідовного застосування теорії інгібованого вільноради-

кального окислення. Класичні уявлення про окислювально-відновний потенціал далекі від того, щоб дати дослідникові ключ до розуміння механізму окислення внаслідок значного зменшення величини вільної енергії, що супроводжує відновлення кисню до його кінцевої стадії — води, великої кількості проміжних етапів та їх необоротності.

По-друге, процес вільнорадикального окислення харчових напоїв принципово відрізняється від окислення жирів, масел, парфюмерних рідин, де фенольні антиоксиданти, які складають звичайно частки проценту від основного субстрату окислення, не беруть участі у стадії ініціювання, а реагують з вільними радикалами, обриваючи ланцюги.

По-третє, аналіз елементарних реакцій, в які можуть вступати молекули антиоксидантів PhOH і фенокисильні радикали PhO·, що з них утворюються, дозволяє зробити висновок: якщо одні з цих реакцій (1, 3) відповідні за гальмуючу дію антиоксидантів, то наявність інших (2, 5, 6, 7), що проявляються при високих концентраціях PhOH та низьких швидкостях ініціювання, сприяє не тільки зниженню антиоксидантного, а й виникненню прооксидантного ефекту:

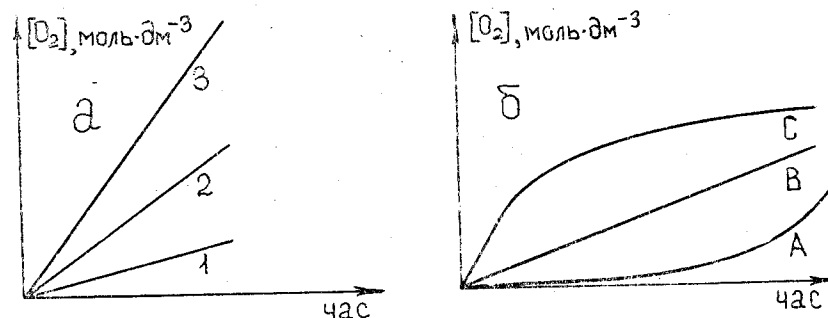


Крім того, практично всі основні групи PhOH харчових напоїв — флавоноїди, таніни, фенолкарбонові кислоти та їх ефіри — відносяться до групи антиоксидантів, що мають максимум активності при певних концентраціях і не гальмують розвинуті процеси окислення внаслідок нездатності руйнувати гідроперокси на молекулярні продукти. В концентраціях, звичайно присутніх у харчових напоях, PhOH здійснюють явно прооксидантну дію, основною причиною якої є як їх власне автоокислення (реакція 7), так і ініціювання нових радикальних ланцюгів за рахунок гомолітичного розпаду гідропероксидів (реакції 2, 6).

Нарешті, стає можливим розв'язання проблем регулювання і прогнозування окислювальної стійкості напоїв, звести їх до задач, що розв'язуються кінетичними методами.

Кінетична модель окислення харчових напоїв

Надійність кінетичного аналізу окислення PhOH безпосередньо в напоях суттєво залежить від адекватності кінетичних схем, що використовуються при розрахунках, від знання механізму процесів, що при цьому відбуваються. Встановлено, що кінетичні криві поглинання кисню напоями будь-яких типів носять лінійний характер незалежно від тривалості експерименту (рис. а). Це вказує на те, що на відміну від процесів звичайного ланцюгового автоокислення роль PhOH в цих напоях не обмежується інактивацією радикалів або каталізаторів — тоді спостерігалася б крива А (рис. б), але вони виконують ще й функцію сповільнювача В, який перешкоджає росту основного ланцюга окислення за рахунок хімічних реакцій, в яких він регенерується (реакції 2, 5).



Кінетичні криві поглинання кисню в різних системах ($p_{\text{O}_2} = 100\%$):

а — харчові напої: 1 — вина; 2 — пиво; 3 — соки (криві розташовані довільно, відносно одна одної);
б — ланцюгові вільнорадикальні реакції з ініціатором та каталізатором: А — з інгібітором; В — із сповільнювачем; С — без інгібітора і сповільнювача.

Експерименти по окисленню напоїв шляхом їх насичення киснем, повітрям або газовою сумішшю показали, що швидкості окислення описуються кінетичним рівнянням I порядку, практично не залежать від додатків глюкози, фруктози, винної та яблучної кислот, міді, марганцю, заліза і ростуть прямопропорційно парціальному тиску кисню і концентраціям додатків PhOH. Це дозволило описати процес поглинання кисню напоями виразом, що враховує ефективні константи іонізації фенольних груп і швидкостей взаємодії фенолят-аніонів з киснем:

$$\begin{aligned}
 W &= K_7 [\text{PhOH}] [\text{O}_2] + K_8 [\text{PhO}^-] [\text{O}_2] = \\
 &= (K_7 + K_8 K_9 [\text{H}^+]^{-1}) [\text{PhOH}] [\text{O}_2],
 \end{aligned}$$

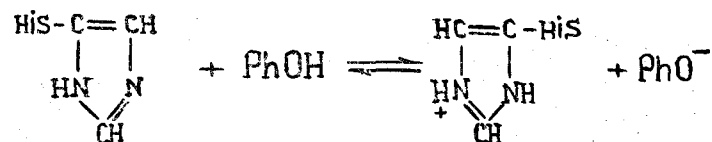
де: K_7 — константа швидкості реакції (7),
 K_8 — константа протолітичної рівноваги (8),
 K_9 — константа швидкості реакції (9).



Таким чином, з позиції теорії інгібованого окислення основна причина поглинання кисню винами, соками і пивом при їх неферментативному окисленні — це превалююча участь PhOH в побічно-му, у порівнянні з реакцією інгібування (1), процесі (7).

Механізм активації O_2 в кислому середовищі

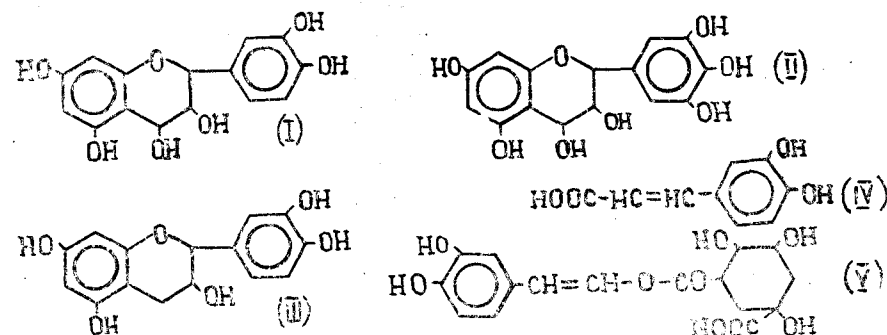
Як відомо, рН напоїв, що розглядаються, не досягає високих значень і, як правило, на 4...5 одиниць нижче рН, при якому відбувається іонізація фенольних груп (реакція 8). У цьому зв'язку було зроблено допущення, що у напоях утворенню фенолят-аніонів сприяє присутність білків, амінокислот та інших компонентів, що здатні поляризувати зв'язок $\text{PhO}-\text{H}$ і акцептувати протон в результаті його міжмолекулярного переносу (ефект локального залу-жування). У випадку гістидіна механізм полягає, можливо, в ак-цептуванні протону фенольних груп високоосновними третинними атомами азоту гетероциклу:



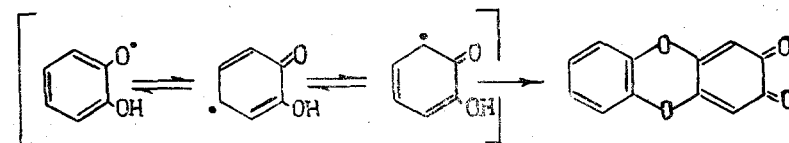
Іони PhO^- дуже швидко окислюються (на 5...7 порядків швид-ше молекулярних форм PhOH) вже при кімнатній температурі з утворенням супероксайдного радикалу O_2^- (реакція 9).

Початкові, проміжні та кінцеві продукти окислення

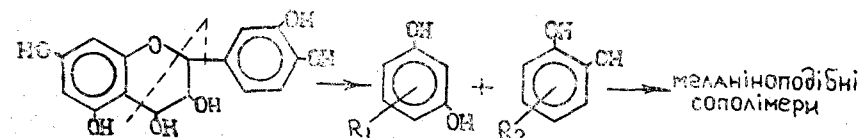
Визначальну роль в окислювальних перетвореннях PhOH віді-грають структури з орто- та віцінально розташованими фенольни-ми групами, особливо лейкоантоціанідін (I), лейкодельфінідін (II), катехін (III), кофейна (IV) та хлорогенова кислоти (V):



Єдиним первинним продуктом перетворення фенолів PhOH при інгібованому окисленні є фенокисильні радикали $\text{PhO}^\bullet$. Подальші реакції $\text{PhO}^\bullet$, найбільш важливою з яких є реакція димеризації (4), приводять до різноманітного набору молекулярних продуктів, ос-новними з яких є хінони. Наприклад:



У харчових напоях реакції хінонів з PhOH приводять до утво-рення інтенсивно забарвлених олігомірних продуктів змішаного со-полімеру «фенол-семіхінон-хінон». В міру збільшення строку ви-тримки напоїв в осадах зростає і стає визначальною частка цих со-полімерів, утворення яких супроводжується розривом піранового циклу в молекулі флавоноїдів — одним з головних напрямків про-цесу її сополімеризації:



Сополімери, що утворюються, мають стабільний рівень пара-магнетизму (спінова густина порядку $10^{15} \dots 10^{16}$ спін/г), містять в своєму складі о-хінонні групи та функціонують, з однієї сторони, як компоненти окислювально-відновної системи «фенол-семіхінон-хінон», а з іншої — як активні адсорбенти. Такі меланіноподібні со-полімери можуть бути виділені як безпосередньо з напоїв, так і з

відповідної рослинної сировини і далі використані в ролі слабко-кислотних електроноіонообмінних поліелектролітів.

Основний шлях утворення фенокисильних радикалів по реакції 7 супроводжується появою в системі гідропероксидних радикалів $\text{HO}_2\cdot$, а також пероксиду водню H_2O_2 (реакція 1) і гідроксильного радикалу $\text{HO}\cdot$ (реакція 6). Але основним проміжним продуктом є пероксид водню, концентрація якого в рівновазі в напоях може бути безпосередньо обчислена з умов стаціонарності:

$$W_{\text{утвор.}}^{\text{H}_2\text{O}_2} - W_{\text{антр.}}^{\text{H}_2\text{O}_2} = 2K_7[\text{PhOH}][\text{O}_2] - K_6[\text{PhOH}][\text{H}_2\text{O}_2] = 0$$

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{різн.}} = 2K_7K_6^{-1}[\text{O}_2]$$

ВИСНОВКИ

1. При дії O_2 на соки, пиво, вина відбувається активація кисню фенольними сполуками з утворенням високореактивних часток ($\text{O}_2\cdot$, $\text{HO}\cdot$, $\text{HO}_2\cdot$, $^1\text{O}_2$, H_2O_2), здатних окислювати компоненти напоїв, безпосередньо не реагуючі з киснем повітря.

2. Неферментативне окислення різних компонентів харчових напоїв може відбуватися з помітною швидкістю тільки в результаті спряженого автоокислення віцінальних ді- та тригідроксифенолів.

3. Гальмування окислювальних процесів у харчових напоях може бути досягнуто:

а) за рахунок зниження концентрації фенольних антиоксидантів, наприклад, шляхом дозованої аерації, щоб забезпечити окислення, конденсацію та флокуляцію легкоокислюваних фенолів;

б) використання інгібіторів радикальних процесів, дія яких відрізняється від механізму дії фенольних антиоксидантів, зокрема, шляхом молекулярного руйнування пероксиду водню — основного розгалужуючого агенту; таку роль можуть виконувати сульфгідрильні сполуки;

в) шляхом максимального збереження ендогенних поверхнево-активних речовин, зокрема, фосфоліпідів, які мають синергестичні по відношенню до фенолів антиоксидантні властивості.

4. Продукти окислювальних перетворень ендогенних фенольних компонентів харчових напоїв являють собою корисну сировину, яка має комплекс цінних властивостей.

ПЕРСПЕКТИВНІ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ТЕХНОЛОГІЇ КОНСЕРВУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*Б. Л. Флауменбаум, Н. Х. Боровецька, О. В. Мілорава,
Е. Г. Кротов, Ж. Імбраджі*

Давно відомо [1, 2, 3, 4], що застосування електрофізичних методів обробки харчових продуктів є потужним фактором інтенсифікації технологічних процесів у харчовій промисловості, зокрема, — у консервній. До цих методів належить електроплазмоліз (контактна обробка електричним змінним струмом низької частоти) плодоягідної сировини, електрокопчення риби, обробка ультразвуковими коливаннями, використання інфрачервоного й ультрафіолетового випромінювання, електричного змінного струму надвисокої частоти (НВЧ).

Через низку обставин найменш освоєною є обробка харчових продуктів мікрохвильовою енергією. У різних монографіях, підручниках, журнальних статтях і проспектах зазначається, наприклад, що обробку струмами НВЧ можна застосовувати для стерилізації та пастеризації харчових продуктів. Однак, обговорюючи можливість реалізації цього фактора на практиці, ми наштовхуємося на ряд обмежувальних моментів. По-перше, ця обробка не може бути застосованою для консервів, фасованих у металеву тару. По-друге, проблематичним є опромінювання НВЧ і консервів, фасованих у скляну тару, укупорену металевими кришками.

Проте ми провели розшукові дослідження можливості застосування НВЧ-обробки для екстагування консервів у скляній тарі — процесу, який передуює пастеризації. Таку обробку можна проводити стосовно до консервів у скляній тарі, ще не накритій металевими кришками, у розрахунок на те, що по виході з НВЧ-екстагустера банки будуть негайно накріті металевими кришками, герметизовані й направлені на пастеризацію.

Задача дослідження, проведеного за допомогою НВЧ-печі «Дніпрянка-1», полягала в тому, щоб так підготувати консерви, особливо — двокомпонентні (до пастеризації), тобто так нагріти і віддалити повітря, щоб можна було при наступній тепловій обробці укупорених банок у безперервно діючих апаратах не побоюватися зривання кришок з горловини скляних банок.

Були вивчені умови НВЧ-обробки консервів з таких видів плодовоовочевої сировини: вишень, черешень, слив, абрикосів, яблук, томатів, кабачків. З них готували компоти, маринади, соки, пюре, повидло, джеми. При цьому вивчали вплив обробки в межах 5 рівнів потужностей (60, 70, 80, 90, 100 % номінальної потужності в камері 600 Вт) і 5 початкових температур продукту, який обробляють (45, 60, 70, 80, 90 °C) у скляній тарі масою 0,5 кг.

Виявилося, що при цих умовах продукти, незалежно від їх консистенції — рідкої чи густої — розігріваються до кипіння за 1,5—3 хв, що різко відрізняється від часу прогріваємості таких продуктів у автоклавах. Відповідну кінетику прогрівання показано на рисунку.

Ступінь екстауствання консервів після НВЧ-обробки досягає 60—70 %, що дозволяє пастеризувати консерви при атмосферному тиску, уникаючи зривання кришок з горловини банок. Крім того, завдяки підвищенню температури продукту в укупорених банок до початку пастеризації, можна на 35—60 % скоротити тривалість теплової обробки консервів у безперервнодіючих апаратах.

Обробка даних 3-факторного експерименту методами математичної статистики показала, що в одержаному рівнянні регресії діючі фактори розташовуються в такому порядку: потужність, яка генерується, початкова температура продукту і його маса. При цьому найбільший вплив на зниження тривалості НВЧ-обробки виявляє фактор потужності. На другому місці виступає фактор початкової температури. Що стосується маси консервів, які обробляються, то вона збільшує час обробки, хоч і не так значно, як перші два фактора — знижують.

Рішення поставленої задачі вимагає дальших поглиблених досліджень, але й уже одержані дані можуть бути використаними для складання вихідних вимог на проектування відповідних НВЧ-екстаустерів.

Подальші дослідження показали, що використання мікрохвильової енергії дозволяє часом не тільки досягти високих кількісних показників того чи іншого процесу попередньої обробки плодоягідної сировини при консервуванні. Виявилося, що в деяких випадках при НВЧ-обробці вдається досягти такого покращення показників готової продукції, яких не можна досягти ніякими іншими технологічними засобами. Це стосується, зокрема, розробленої нами технології одержання натурального соку з топінамбура.

Цей нетрадиційний вид сировини, що консервується, характеризується такими особливостями, які утруднюють його переробку.

По-перше, бульби топінамбура відрізняються поганою соковіддачею при віджиманні їх на пресах після механічного подрібнення: вихід соку після такої обробки не перевищує 40 %. Тому для них потрібно застосувати інші (окрім механічного подрібнення) методи попередньої обробки, які стимулюють соковіддачу.

По-друге, з'ясувалося, що у бульбах топінамбура міститься потужна ферментативна окислювальна система, активність якої по поліфенолоксидазі в 14 разів вища, ніж у яблуках. Порівняно високі значення активності й інших окислювальних ферментів — аскорбіноксидази і пероксидази.

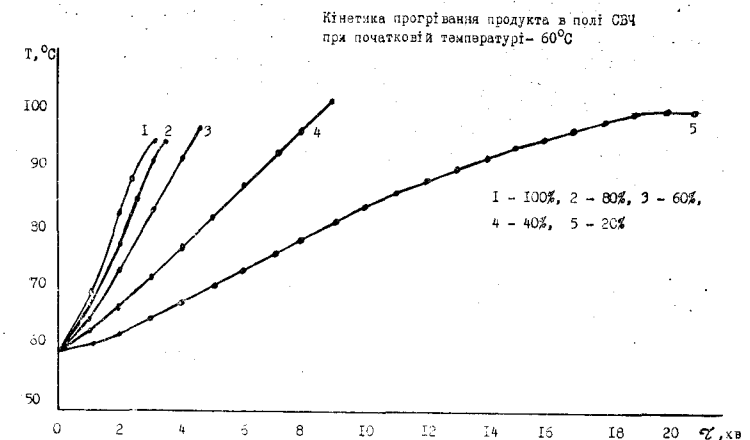
Подолати ці труднощі вдалося тільки за допомогою електрофізичних методів попередньої обробки сировини.

Підвищення соковіддачі досягається пропусканням подрібнених бульб топінамбура через електроплазмолізатор протягом 0,5 с при градієнті потенціалу 1100 В/см. Вихід соку після такої обробки становить 65 %. Однак сік, який витікає при видавлюванні, має темне забарвлення, появи якого не вдається подолати жодними антиокислювачами, проводячи, наприклад, зрошення бульб у процесі подрібнення розчинами аскорбінової або сірчистої кислот. Тому надалі такий темний сік необхідно прояснювати бентонітом.

Більш ефективним способом попередньої обробки, який дозволяє сумістити підвищення соковіддачі з одночасним інактивуванням окислювальних ферментів, виявився вплив мікрохвильової енергії. При обробці бульб топінамбура у цьому вигляді протягом 5 хв у камері НВЧ-печі «Дніпрянка-1», настроєній на 50 % своєї номінальної потужності 600 Вт, окислювальна ферментативна система інактивується, й одночасно пошкоджуються білково-ліпідні клітинні мембрани, які перешкоджають соковіддачі. У результаті такої обробки при наступному видавлюванні цілих бульб топінамбура на гідравлічному пресі вихід соку досягає 63 %, сік виходить світлим, малозабарвленим і не потребує штучного прояснення.

Проведені дослідження ще раз підтверджують ефективність електрофізичних методів обробки харчових продуктів і доцільність створення в Україні відповідної державної науково-технічної програми, подібно до створених у Росії під назвою «Перспективні процеси у перероблювальних галузях АПК» [5].

Кінетика прогрівання продукту в полі СВЧ при початковій температурі — 60 °C



ЛІТЕРАТУРА

1. Рогов И. А., Горбатов А. В. Физические методы обработки пищевых продуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — с. 583.
2. Рогов И. А., Некрутман С. В., Лысов Г. В. Техника сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — с. 197.
3. Коган Ф. И. Электрофизичні методи в технології консервування харчових продуктів. — Київ, 1968. — с. 123.
4. Флауменбаум Б. Л., Танчев С. С., Гришин М. А. Основы консервирования пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1986. — с. 494.
5. Пищевая промышленность. — М.: Колос, 1993. — № 1. — с. 1, 12, 17, 21.

ЗАСТОСУВАННЯ ТВЕРДОГО И РІДКОГО ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ВИННОГО КАМЕНЮ У ВИНОГРАДНОМУ СОЦІ

Б. Л. Флауменбаум, Г. І. Касьянов, Г. Окафор

Відповідно ГОСТу 25892—83 в марочних сортах виноградного соку забороняється наявність кристалічного осаду в готовій продукції, а у вищих і перших сортах допускається лише наявність одичних кристалів винного каменю.

Між тим запобігання випадіння кристалічних відкладень у розфасованому в герметичну консервну тару виноградному соці понині залишається нерозв'язаною науково-технічною проблемою в технології консервування харчових продуктів.

До теперішнього часу найефективнішим способом було зберігання виноградного соку-напівфабрикату в танках-резервуарах великої місткості (20—300 т) на холоді протягом кількох тижнів. Однак цей спосіб дорогий (імпортні танки, витрати холоду, великі площі холодильних камер) і малодоступний, особливо для заводів малої потужності. А з іншого боку, найсучасніша, здавалося б, і впроваджена на ряді заводів технологія асептичного зберігання виноградного соку в танках не вимагає застосування штучного холоду (в цьому її головна перевага) і, таким чином, зовсім не гарантує випадіння винного каменю.

Для прискорення випадіння тартратів існує ряд інших методів, серед яких найефективнішим є хімічний — внесення в сік органічних солей кальцію (лактату чи глюконату). При цьому утворюється малорозчинний тартрат кальцію, який досить швидко випадає з соку, а замість видаленої винної кислоти в сік переходить еквівалентна кількість молочної або глюконової кислоти. Цей процес можна ще більше прискорити, якщо одночасно з додаванням хімікатів обробляти сік ультразвуковими коливаннями, які створюють центри кристалізації. Треба сказати, що хімічний спосіб детартра-

ції трохи змінює природу виноградного соку, бо при цьому натуральна винна кислота замінюється на іншу.

Задача цього дослідження полягала в розробці нових прискорених методів попередження кристалічних відкладень у виноградному соці.

Принцип нового способу полягає у використанні фізико-хімічних властивостей твердого двоокису вуглецю. Він дозволяє використовувати як затравку процесу кристалізації CO_2 у твердому стані.

Виявилося, що внесення затравки CO_2 дає помітний ефект. Вже через годину після додавання сухого льоду більше 30 % винного каменю, який знаходиться в соці, випадає, тоді як в контрольному варіанті випало близько 20 % вихідної кількості винного каменю.

Незважаючи на певну ефективність внесення затравки у вигляді вуглекислотного снігу, такий спосіб обробки з суто технічного боку не дуже зручний. Важко десь «на стороні» готувати вуглекислотний сніг і незручно вносити його в сік. Тому ми випробували інший варіант внесення в сік вуглекислотної затравки — з додаванням рідкої вуглекислоти, яка в процесі обробки трансформується у вуг-

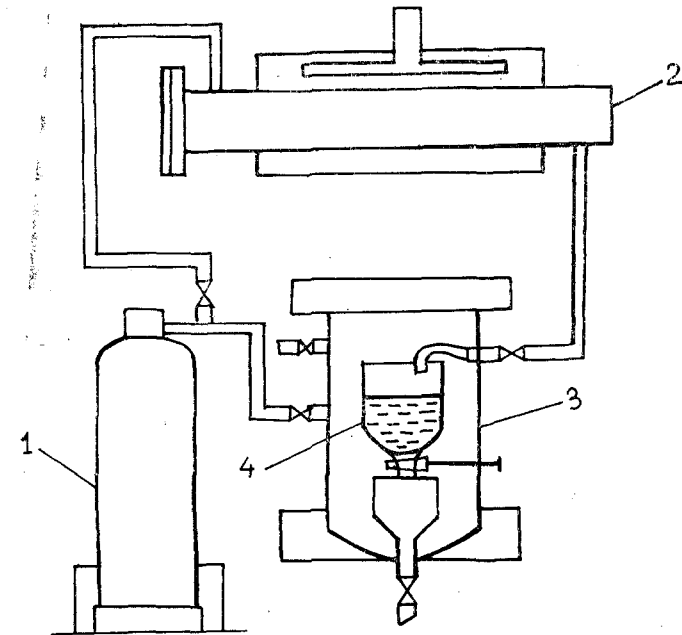


Рис. 1. Схема установки для обробки виноградного соку рідким CO_2
1 — вуглекислотний балон; 2 — конденсатор; 3 — детартратор; 4 — посудина з виноградним соком.

лекислотний сніг. Принцип цього способу полягає в тому, що у виноградний сік вводиться під тиском рідка вуглекислота з балона зі скрапленим газом. Після цього тиск поступово знижують, через що рідкий CO_2 бурхливо скипає і, завдяки охолодженню, переходить у твердий стан у вигляді вуглекислотного снігу. Тисячі кристаликів цього снігу і є згаданими центрами кристалізації — затравкою процесу випадіння кристалів винного каменю.

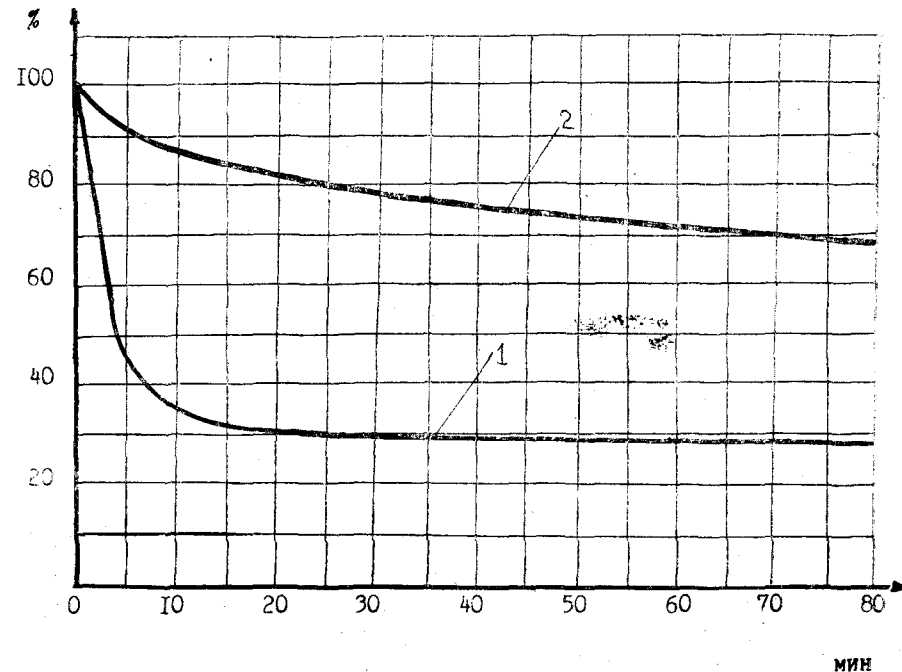


Рис. 2

Рис. 2. Кінетика детартрації виноградного соку:
1 — при додаванні рідкого CO_2 ; 2 — без додавання CO_2 (при зберіганні в холодильнику при температурі 2°C).

Відповідне дослідження було проведено на спеціальній установці в лабораторії ВНДІКОП (рис. 1), яка складається з вуглекислотного балона 1, конденсатора 2 і детартратора 3.

Обробку виноградного соку проводили таким чином. Сік у скляній посудині 4 вміщували в детартратор — вертикальну циліндричну сталеву ємкість, яка закривається герметичною кришкою. Далі за допомогою скрапленого CO_2 з газового балона витискували повітря з детартратора і поступово підвищували тиск у конденса-

торі та детартраторі до 6 МПа. При цьому тиску і кімнатній температурі газоподібний CO_2 переходить у рідкий стан. Далі CO_2 перепускають у детартратор, вводячи його у виноградний сік. Потім тиск у детартраторі поступово зменшували, що приводило до бурхливого сипання рідкого CO_2 , створюючи своєрідний ефект барботажу і утворення вуглекислотного снігу. Подавання CO_2 припиняли, коли тиск у камері детартратора падав до атмосферного. Протягом усього процесу обробки через кожні 5 хв відбирали проби соку із детартратора для визначення кількості вмісту винного каменю, що залишилися.

Досліди проводили з різними об'єктами детартрації: виноградним соком проясненим і непроясненим і з модельними водними розчинами винного каменю. Вміст бітартрата калію в усіх цих зразках був приблизно на рівні 1 %. Разом з дослідями по обробці соків рідким CO_2 деякі зразки, в порядку контролю, без обробки CO_2 , вміщували в холодильник і витримували при температурі 2°C .

Результати дослідів показано на рис. 2. З рисунків видно значний ефект детартрації, який створює CO_2 , що додається в рідкому стані. Вже через 5 хв обробки з соку 1 випадає більше половини початкової кількості винного каменю, а 70 %, тобто майже увесь винний камінь, який може випасти при кімнатній температурі, випадає через 0,5 год. обробки. У той же час у контрольних дослідях 2 випадіння винного каменю відбувається дуже повільно, з незначним ефектом. Через 1,5 год. випало лише 20 % винного каменю.

Таким чином, запропонований метод прискорення випадіння винного каменю з виноградного соку (є позитивне рішення про видання авторського свідоцтва) можна рекомендувати відповідним організаціям для апаратурного оформлення.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ В УКРАЇНІ

Б. В. Єгоров, доктор техн. наук, професор

Для успішного виробництва тваринницької продукції необхідні три фактори: високопродуктивні породи тварин, відповідні умови їх утримання і високоєфективний комбікорм. Розвинені країни вже понад двадцять років тому полишили суперечки про те, чим вигідніше відгодовувати тварин: комбікормами, чи зерном і іншими окремими кормовими засобами. Переваги комбікормів очевидні, якщо їх якість відповідає вимогам. Найвигідніше використовувати комбікорм при відгодівлі сільськогосподарської птиці, свиней та риби. Раціон великої рогатої худоби необхідно збалансовувати комбікормами з високим вмістом білка і загального азоту. Але необхідно

пам'ятати, що комбікорм може бути високоефективним, якщо для його виготовлення використовується високоякісна сировина, науково обґрунтовані рецепти, сучасні технології і, звичайно, якщо він правильно згодовується. Так, нам довелося відмовитися від виробництва карбамідного концентрату в першу чергу із-за неправильного використання його, що викликало отруєння тварин. А тим часом у всьому світі карбамідний концентрат продовжують використовувати у складі комбікормів для великої рогатої худоби, що дозволяє економити білкову сировину.

До останнього часу виробництво комбікормів в Україні здійснювали державні та міжгосподарські комбікормові заводи. Державні комбікормові заводи виробляли повнораціональні комбікорми для птахофабрик, тваринних комплексів і рибних господарств, а також білково-вітамінні домішки. Міжгосподарські комбікормові заводи виробляли комбікорми, використовуючи білково-вітамінні домішки і власне зерно, трав'яне борошно та іншу сировину. Низький рівень технології на більшості таких заводів привів до дискредитації комбікорму як засобу годівлі тварин. Нині знижується якість комбікормів, які виробляються державними комбікормовими заводами, перш за все із-за дефіциту багатьох видів сировини, неякісних преміксів, вироблення продукції в розсипному вигляді, оскільки granulювання вимагає застосування водяної пари, а її виробництво пов'язане з нестачею пального. Погіршуються також умови функціонування державних комбікормових заводів. Ринкові умови постачання сировини, централізоване керування розподілом продукції, фіксовані Міністерством сільського господарства і продовольства України ціни на комбікормову продукцію можуть призвести до повної загибелі комбікормової галузі. Проте потужностей комбікормової промисловості України достатньо для виробництва 15—17 млн т якісних комбікормів щороку — це відповідає обсягам Франції, Італії, які повністю забезпечують своє населення тваринницькими продуктами.

Отже, можна виділити основні проблеми розвитку Української комбікормової промисловості:

- створення сприятливих економічних умов для функціонування комбікормових підприємств;
- створення раціональної сировинної бази для виробництва комбікормів і годівлі тварин;
- застосування ресурсо- та енергоекономних технологій виробництва комбікормової продукції;
- розширення асортименту комбікормової продукції відповідно до вимог внутрішнього ринку.

Постачання деяких видів сировини для комбікормової промисловості України здійснювалися з республік колишнього Союзу: рибне борошно постачала Росія, бавовняний шрот — азіатські рес-

публіки, соєвий шрот, як і раніше, постачають Аргентина, США і Бразилія і т. д. Необхідно створювати власну сировинну базу для виготовлення комбікормів, і перш за все, налагодити виробництво білкової сировини. Досвід Канади, Франції, Німеччини та інших країн показав можливість успішного вирощування низькоглюкозинолатного рапсу, сої, гороху, нуту та інших видів високобілкового зерна. Кафедра технології комбікормів ОТІХП ім. М. В. Ломоносова розробила технології знешкодження антипоживних речовин рапсу, сої, гороху, нуту та продуктів їх переробки. Встановлено цікаву прямопропорційну залежність швидкості руйнування антипоживних речовин сої від їх вихідного вмісту. Тобто, чим вище, наприклад, рівень інгібіторів трипсину в сої, тим швидше вони руйнуються при тепловій обробці. Такий висновок відкриває можливість використання високоінгібіторних сортів сої, які відрізняються високою врожайністю і більшою стійкістю проти захворювань. У республіці також розроблено технології отримання різноманітних білкових концентратів з відходів переробних підприємств, але їх впровадження стримується із-за незначних обсягів виробництва.

Велике значення має використання біологічно активних стимуляторів, але для їх впровадження необхідно змінити зміст деяких державних стандартів на комбікорм. Так, кафедра технології комбікормів дослідила якісний склад і запропонувала використання як наповнювача преміксів трепелу або мергелю — алюмосилікатів, покладав яких вистачить на декілька століть. Їх доцільно застосовувати при виробництві комбікормів для сільськогосподарської птиці в кількості 5—7 %, але при цьому зольність комбікорму перевищує державний стандарт, хоча результати відмінні: витрати на виробництво одиниці птахопродукції зменшувалися на 15—17 %.

Впровадження ресурсозберігаючих технологій — ще один шлях поповнення сировинної бази комбікормового виробництва. Так, на кожному комбінаті хлібопродуктів протягом року утворюється в середньому від 3 до 7 тис. т відходів (зерновідходи, аспіраційні відноси, кукурудзяні качани, лузга ячмінна, лузга вівсяна та ін.). Кафедра технології комбікормів розробила технологію виробництва кормових сумішей для великої рогатої худоби з відходів. Науково обґрунтовані рецепти таких кормосумішей дозволили отримати задовільну зоотехнічну ефективність: 740 г приросту живої ваги на голову за добу.

Ресурсозбереження можна досягти також, зменшивши витрати в основному зернової сировини при виробництві комбікормів для молоді сільськогосподарських тварин. Нами розроблено технологію вологотеплової обробки зерна, яка дозволяє підвищити перетравність білків зерна на 20—25 %, крохмалю на 30—35 % і повністю знезаразити зерно від шкідливих мікроорганізмів. Витрати обробленого зерна в рецептах комбікормів можуть бути зменшені на

7—10 % без зниження зоотехнічної продуктивності тварин. Технологія передбачає пропарювання зерна при тиску пари 0,15—0,20 МПа і температурі 140—150 °С на протязі 1,5—2 хв, нагрівання в термоізолюваному бункері на протязі 10—15 хв і плющення зерна.

Енергозберігання при виробництві комбікормів можливо насамперед при застосуванні нових технологій. Так, нами розроблено технологію виробництва комбікормів для сільськогосподарської птиці у вигляді суміші крупок зернової і незернової сировини, при цьому витрати енергії при цьому на 25 % менші, ніж при виробництві крупки традиційним шляхом. Розроблено також технології гранулювання комбікормів при зменшених витратах пари, що досягається застосуванням прийомів кондиціювання комбікормів, комплексних зв'язуючих речовин та ін.

Таким чином, в теперішній час створено технологічні основи розширення сировинної бази для виробництва комбікормів і енергозбереження, необхідно вдосконалити економічні умови функціонування комбікормових заводів до виникнення вільної конкуренції.

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ИЗ ГРИБА PENICILLIUM ROQUEFORTI

К. Шолтысек, А. П. Чагаровский

В 1982—1992 гг. во Вроцлавской Экономической Академии им. О. Ланге была разработана технология протеолитического ферментного препарата из гриба *Penicillium roqueforti* с целью широкого использования в молочных, мясных, рыбных и других пищевых продуктах, а также при выработке кормов и моющих синтетических средств.

Принципиальная схема получения ферментного протеолитического препарата приведена на рис. 1.

Остановимся несколько подробнее на сути технологических операций, входящих в схему получения протеолитических ферментных препаратов из плесневых грибов.

1. Термокислотная копреципитация.

Сущность этой операции, которая является классической для технологии молока, состоит в осаждении сывoroточных белков и казеиновой пыли в молочной сывoroтке. Осаждение, т. е. тепловая денатурация, происходит при низких значениях pH сывoroтки и высокой температуре ($t \leq 100$ °С) и называется термокислотной копреципитацией.

2. Корректировка pH.

При проведении этой операции в сывoroтку после термокислотной копреципитации добавляется 1 % раствор NaOH в количестве, обеспечивающем достижение pH сывoroтки 4,5.

3. Удаление осажденных сывoroточных белков.

Денатурированные сывoroточные белки удаляют из сывoroтки путем центрифугирования при 4000—5000 об/мин в течение 20 минут. Удаление денатурированных сывoroточных белков может осуществляться и методом сифона, т. е. слива осадка через специальный шланг, а также можно сливать осадок сывoroточных белков через специальный кран, если используется молочное оборудование для получения альбуминного белка (альбуминные ванны).

Сыворотка, полученная при термокислотной копреципитации, содержит незначительные количества азотистых веществ и наилучшим образом отвечает требованиям, предъявляемым к питательной среде для ферментации плесневых грибов.

4. Стерилизация сывoroтки.

Осветленную сывoroтку стерилизуют паром в автоклавах при температуре 117 °С в течение 15 минут. Допускается применение в этом случае двукратной пастеризации, проводимой в течение 24 часов.

5. Внесение спорышней грибной плесени в сывoroтку.

После стерилизации сывoroтки, разлитой в колбы (I этап ферментации — ферментация на встряхивалках), в нее вносили спорышней плесневых грибов. На встряхивалках в течение 3 дней осуществляли процесс ферментации до достижения конечной концентрации спор 10^6 в см³ питательной среды.

6. Ферментативный процесс биосинтеза протеаз.

После получения молодой 3-дневной плесневой культуры ее в количестве 10 % вносят в ферментатор, где ферментативный процесс биосинтеза протеаз продолжается в течение 5 дней. Процесс осуществляют при температуре 25 °С, подаче воздуха 0,5 дм³/дм³мин и pH среды 4,5 (II этап ферментации — ферментация в биореакторе).

7. Дезинтеграция клеток.

После окончания процесса культивирования микроорганизмов возникает необходимость разрушения клеточной структуры плесневых грибов с целью высвобождения из клеток и перехода в раствор, содержащий уже внеклеточные протеазы внутриклеточных протеолитических ферментов. Разрушение (дезинтеграцию) клеток следует проводить путем гомогенизации в специальных стаканах при 4000 об/мин в течение 15 мин., при температуре 5 °С. Дезинтеграция клеток может быть осуществлена и другими способами.

8. Центрифугирование или фильтрация.

Гомогенизированная грибная биомасса с целью выделения из нее раствора, содержащего в себе внеклеточные и внутриклеточ-

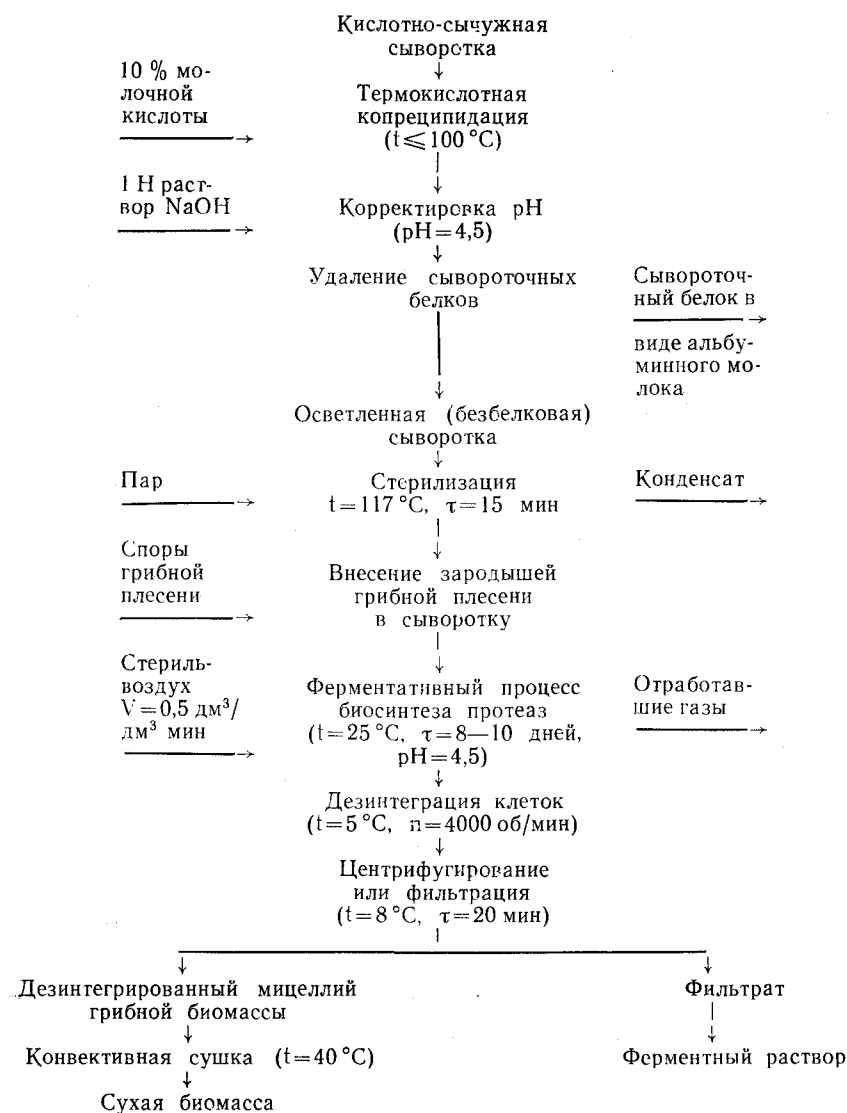


Рис. 1.

ные протеазы, должна быть подвергнута центрифугированию либо фильтрации. При этом выход раствора, содержащего протеазы, должен составлять 75 % от общего объема гомогенизированной биомассы.

Анализируя представленную схему получения протеолитических ферментных препаратов из грибов рода *Penicillium roqueforti*, необходимо отметить ее следующие преимущества:

1. Отсутствие отходов. Конечные продукты технологии — раствор протеолитических ферментов и дезинтегрированная мицеллярная биомасса — можно рассматривать как самостоятельные продукты, которые могут быть использованы в различных целях.

Несколько слов о грибной биомассе. Она может быть использована как корм для скота и в других целях.

2. Экологичность. Учитывая, что практически все продукты, получаемые согласно разработанной технологии, имеют сферу применения, а также отсутствие сбросов в окружающую среду, данная технология может быть положительно оценена с экологической точки зрения.

3. Низкая себестоимость готовой продукции. В связи с тем, что в качестве питательной среды используется дешевое сырье, являющееся отходом молочной промышленности — сыворотка, конечный продукт имеет низкую себестоимость (1 дм³ — 32 000 злотых в ценах на 31.12.1990 г.).

Вместе с тем необходимо указать, что получаемый протеолитический ферментный препарат имеет все-таки невысокие значения активности из-за присутствия как в растворе, так и в грибной биомассе балластных веществ, минеральных солей, лактозы, которые оказывают ингибирующее действие на его активность. Кроме того, следует отметить, что использование этого препарата в ряде отраслей промышленности может быть возможным только при условии повышения его активности до значений, которые имеют альтернативные ферментные препараты, закупаемые Польшей по импорту для производства кормов, стиральных порошков и моющих средств, осветленного пива, переработки шкур и др.

Обобщая изложенное выше, можно сделать вывод о необходимости отработки технологических параметров очистки ферментных препаратов, позволяющих повысить их активность и степень чистоты.

Наиболее целесообразным методом для очистки ферментных препаратов является ультрафильтрация, которая зарекомендовала себя как самый лучший способ очистки на нынешнем этапе развития пищевых технологий и ферментов.

Ультрафильтрационная обработка ферментных препаратов включает в себя два процесса:

— разделение высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений, что приводит к очистке ферментов;

— концентрирование ферментов при низких температурах.

При проведении исследований по ультрафильтрационной очистке ферментного препарата использовали лабораторную фильтрующую ячейку фирмы «Sartorius», плоскорамную лабораторную установку для ультрафильтрации и половолоконный фильтрующий аппарат марки AP-1.

При использовании предварительной фильтрации получен специальный препарат, отвечающий медико-биологическим требованиям Государственного института гигиены (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Исследования	Результаты исследований
1.	Антибактериальная активность: <i>Sarcina lutea</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Escherichia coli</i>	Отсутствие торможения роста представленных штаммов при до- бавке 0,2 см ³ препарата
2.	Бактериологические: общее количество бактерий мезофильных аэробных <i>Salmonella</i> патогенные коккообразные коккообразные <i>Escherichia coli</i> ентерококки <i>Ps. aeruginosa</i> анаэробные зародышевые споры грибы токсичные количество плесени в 0,1 см ³ количество дрожжей	10 см ³ отсутствуют в 25 см ³ отсутствуют в 0,1 см ³ отсутствуют в 0,1 см ³ отсутствуют в 0,1 см ³ отсутствуют в 0,1 см ³ отсутствуют в 0,1 см ³ отсутствуют в 0,1 см ³ 0 0

Таблица 2

№ п/п	Вид препарата	Протеолитическая активность		Содержание белка, мг/см ³	Протеолитическая активность, КЕ/мг белка
		E ₂₈₀	КЕ/см ³		
1.	Неочищенный ферментный раствор препарата (400 см ³)	0,335	21,72	1,16	18,72
2.	Ультрафильтрационный концентрат ферментного преп. (100 см ³)	0,892	57,85	2,79	20,73
3.	Ультрафильтрационный фильтрат (300 см ³)	0,02	0	1,36	0

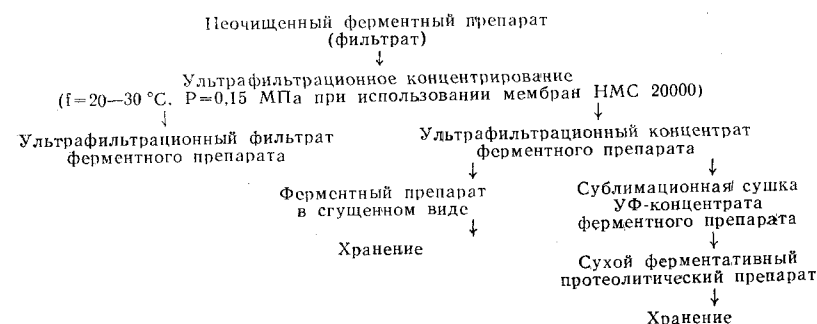
Результаты, отражающие проведение ультрафильтрационного процесса очистки ферментного препарата, приведены в таблице 2.

Как следует из таблицы 2, при использовании мембран с 20 000 НММ проведено четырехкратное концентрирование ферментного препарата. Протеолитическая активность, выраженная в КЕ/см³, выросла в 2,6 раза. Увеличилось общее количество белка в концентрате (почти в 2,4 раза), при этом его активность возросла только в 1,1 раза (в КЕ/мг белка). Одновременно произошло очищение препарата от неактивных субстратов, тогда как фильтрат не проявляет малейших признаков протеолитической активности.

Установлено также, что в процессе ультрафильтрации наступило уменьшение массовой доли лактозы в УФ концентрате. Так, при ее концентрации на уровне 1,3 % количество лактозы в исходном неочищенном препарате составляло 5,2 г; в УФ концентрате только 1,3 г; в УФ фильтрате — 3,9 г. Уменьшалось также содержание минеральных солей, в частности, NaCl. Содержание NaCl в исходном препарате УФ концентрата и фильтрата составляло соответственно: 0,83 г, 0,21 г и 0,62 г. Как видно, абсолютного удаления этих веществ не происходит.

Полученный УФ концентрат ферментного препарата сушили методом сублимации. Получили сухой белый порошок с сероватым оттенком, содержащий около 40 % белка.

На основании проведенных исследований можно представить технологическую схему получения высокоочищенного ферментного препарата из гриба *Penicillium roqueforti* в следующем виде:



РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЖЕЛЕЙНИХ ВИРОБ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ОБЛІПИХОВИХ ВИЧАВОК І МОДИФІКОВАНИХ ВИСІВОК

А. Д. Салавеліс, Ч. Оюнчімег

Сучасним напрямком кондитерської промисловості є створення ресурсозберезувальної технології виробництва та біологічної цінності продукції на основі використання нетрадиційних видів сировини [1, 2].

Одним з нетрадиційних видів сировини, багатой на вітаміни, органічні кислоти, мінеральні, дубильні речовини та барвники, є продукти переробки дикорослої обліпихи, а також модифіковані висівки (технологія останніх захищена авторським свідоцтвом) [3]. Проте до цього часу вони не знайшли застосування в кондитерській промисловості, зокрема при виробництві желевної групи виробів. Тому головною метою роботи є розробка технології жележних кондитерських виробів зі зниженим вмістом желестворювальних речовин, а також підвищеної біологічної та харчової цінності з використанням порошку обліпихових вичавок і модифікованих висівок.

Поставлена мета досягається розв'язанням ряду задач, а саме — необхідно дослідити вплив добавок на реологічні та адгезійні властивості жележних мас, а також на харчову і біологічну цінність готових виробів.

Як добавки було використано порошок обліпихових вичавок (ОВ) і модифіковані пшеничні висівки (МПВ).

Промислова переробка обліпихи спрямована головним чином на одержання обліпихового масла, яке має широкий спектр цінних біологічних речовин. Крім того, одержують відходи — обліпихові вичавки та шрот, у складі яких виявлено ряд корисних, життєво необхідних для організму людини речовин.

Пшеничні висівки — це відходи борошномельної промисловості. Обробка їх спеціальними ферментами дозволяє отримати дуже цінний продукт — модифіковані висівки, багаті на клітковину, целюлозу і моноцукри.

При виробництві мармеладу жележна маса зазнає численних механічних дінь, які впливають на структурно-механічні та реологічні властивості як жележного напівфабрикату, так і готового продукту.

Однією з найважливіших реологічних характеристик жележного мармеладу є його міцність — питомий опір зсуву, що характеризує тривалість та інтенсивність процесу структуроутворення.

Аналіз результатів досліджень показав, що з підвищенням відсоткового вмісту добавок ОВ і МВ міцність драглів зростає, що дозволило скоротити витрати драглестворювача при вводі 1,0 % ОВ на 41 %, а при вводі 1,5 % МВ — на 43 % при одночасному скороченні періоду структуроутворення в середньому 8 хвилин.

Під час технологічного процесу жележна маса багатократно проходить по трубопроводам, тому важливе значення мають її в'язкісні характеристики та їх зміни в залежності від впливу (η). Вивчалась залежність ефективної в'язкості η від відсоткового вмісту добавки — а (рис. 1а) при температурі розливу жележних мас 80 °С.

Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що із збільшенням часу перемішування протягом перших 15—20 хвилин спостерігається різке зменшення в'язкості незалежно від відсоткового вмісту добавки — а потім вона практично стабілізується, що характерно для структурної системи з аномальною в'язкістю.

Із збільшенням же відсоткового вмісту добавки спостерігається зростання в'язкості η , що наочно видно з експериментальних даних (рис. 1а).

Аналіз кривих плинності досліджуваних мас (рис. 1б) показав, що жележна маса з добавкою ОВ є псевдопластичною і описується рівнянням Оствальда-де-Віля:

$$\tau = K \cdot V^n,$$

де: τ — гранична напруга зсуву, н/м²,

K, n — константи, що характеризують відповідно консистенцію та індекс плинності,

V — швидкість зсуву, С⁻¹.

Дане рівняння для мармеладу з 0,1 % ОВ приймає вигляд:

$$\tau = 2,98 V^{0,78}.$$

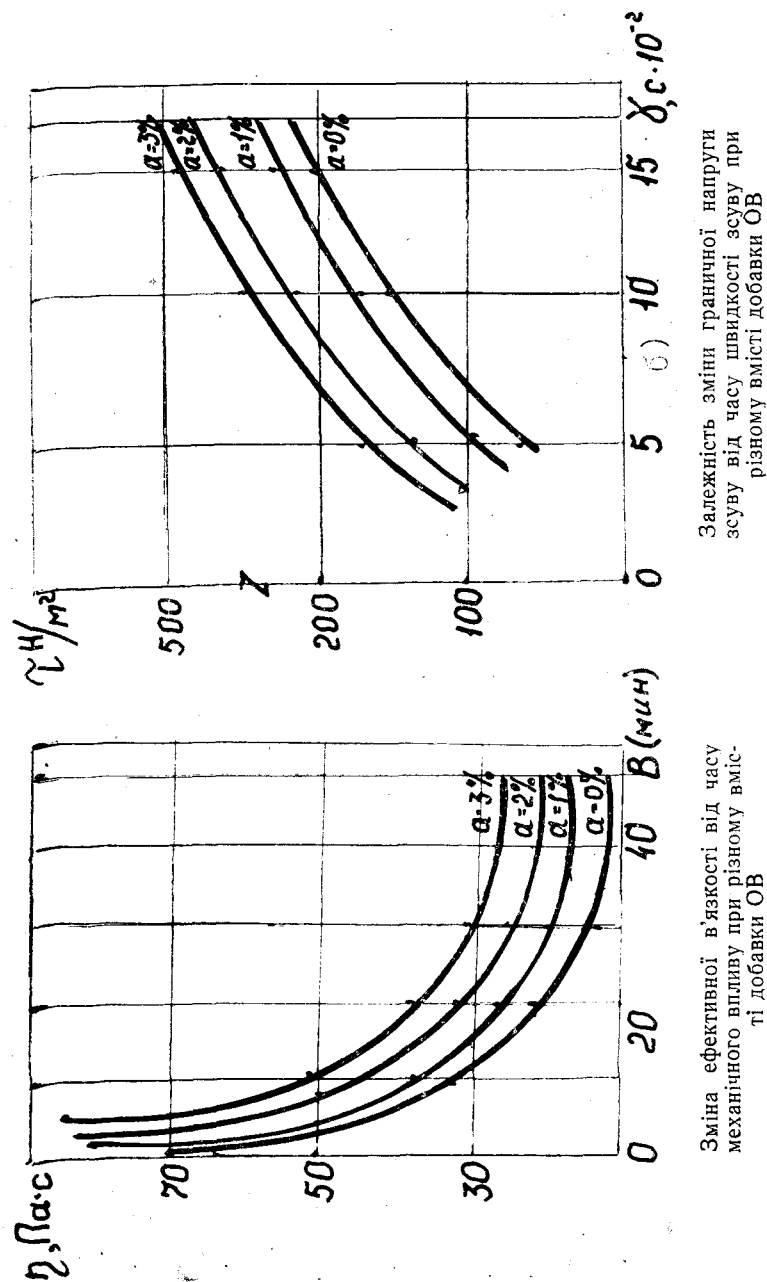
Аналіз результатів досліджень адгезійної властивості жележних мас, який було проведено на лабораторній установці, показав зменшення питомої сили відриву при контакті продукту з добавками ОВ і МВ з керамічною відгороджувальною поверхнею. Цей факт має практичне значення, тому що дозволяє відливати жележну масу не тільки в цукор, але й у керамічні форми.

Харчова та біологічна цінність продукту характеризується його хімічним і біологічним складом (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст незамінних амінокислот

Амінокислоти	Еталон, ФАО/ВОЗ	Вміст амінокислот, мг/100 г жележних виробів		
		добавки	1 % ОВ	1,5 % МО
Лізин	5,5	1,6	6,01	6,07
Треонін	4,0	1,6	5,22	7,36
Валін	5,0	2,6	7,06	10,10
Ізолейцин	4,0	1,4	4,86	6,40
Лейцин	7,0	2,9	10,12	14,09
Тирозин +	6,0	0,8 +	2,56 +	2,01 +
Фенілаланін		2,2	9,77	7,06
Метіонін + цистин	3,5	1,8	3,9	5,28
Триптофан	1,0	сл.	2,11	1,65



Аналіз амінокислотного складу мармеладу з різним відсотковим вмістом добавок ОВ і МВ показав істотну кількісну і якісну зміну амінокислотного складу виробів. Так, сума незамінних амінокислот зросла в середньому в 3—6 разів, амінокислотний скор порівняно з контрольним зразком у зразках з добавками також істотно збільшився, тобто введення добавок сприяє збагаченню мармеладу добре збалансованим складом амінокислот, підвищує харчову і біологічну цінність готових виробів.

Таким чином, проведений комплекс досліджень показав, що введення добавок ОВ і МВ при виробництві желейного мармеладу сприяє не лише одержанню високопоживного повноцінного продукту, багатого на вітаміни, клітковину і повноцінний білок, але й продукту з поліпшеними структурно-механічними характеристиками. Розроблена технологія дозволяє інтенсифікувати процес структуроутворення при одночасному скороченні витрат дефіцитної сировини драглеутворювача, кислоти та барвників, що в цей час є дуже актуальним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Парфененко В. В., Эйнгор М. Б., Никифорова В. Н. Производство кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья. — М.: Агропромиздат, 1986. — 207 с.
2. Острик А. С., Дорохович А. Н., Мироненко Н. В. Использование нетрадиционного сырья в кондитерской промышленности. — Киев: «Урожай», 1989. — 107 с.
3. Авторское свидетельство № 1616588. Способ получения модифицированных отрубей (Капельяниц Л. В. и др.).

ОЦІНКА ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДУ

Л. І. Карнаушенко, Д. М. Донський, Л. В. Гордієнко

Підвищення ефективності харчових виробництв вимагає аналізу комплексу процесів у механізованій поточковій лінії як системи.

Системний підхід орієнтується на пошук об'єднуючих, інтегруючих властивостей цілого, потребує урахування взаємозалежності його частин і дозволяє таким чином звести різні задачі пізнання частин до єдиної комплексної проблеми, намітити генеральну лінію її вирішення та тим самим розв'язати задачу пізнання та принципової зміни цілого.

У харчовій, зокрема у кондитерській промисловості, системний підхід набуває важливого значення, тому що тут вимагають рішення задачі збільшення випуску та підвищення якості готової продукції. Вирішення проблеми зв'язано з модернізацією технологій та обладнання існуючих ліній. Ця робота неможлива без урахування

вимодії процесів, що відбуваються в різних машинах та апаратах усередині лінії, та урахування впливу зовнішнього середовища.

Технологічний процес являє собою систему машин і апаратів, яка складається з окремих підсистем, зв'язаних між собою матеріальними потоками.

Виділення підсистем усередині системи проводять згідно з такими принципами:

- кожна підсистема має певну проміжну мету;
- зв'язки між підсистемами значно слабші, ніж між елементами усередині підсистеми.

Професор В. А. Панфілов [1, 2, 3] запропонував визначати оцінку якості технології виробництва і стабільності роботи поточкових ліній через показник рівня цілісності системи. Розрахунок рівня цілісності технологічних систем проводили на основі експериментального визначення стабільності окремих підсистем.

Стабільний процес — це процес, що установився на певному рівні стійкості. Однією з характеристик технологічного потоку (системи) є ентропія, яка визначається за формулою:

$$H = -P \log_2 P - (1-P) \log_2 (1-P) \quad (1)$$

На базі Одеського орендного виробничого об'єднання кондитерської промисловості проводили виробничу апробацію випуску желейного мармеладу з використанням порошку з листя шпинату (ПЛШ) та напівфабрикату з листяних овочів (НФЛО).

У зв'язку з тим, що нас цікавить продукція, розглядали процеси в лінії від виходу до входу. Позначимо підсистеми А, В, С, починаючи з кінця лінії. Тоді великий процес в лінії можна подати як сукупність кількох підсистем трьох видів.

Дослідження проводили по всім трьом підсистемам одночасно в такий спосіб, щоб характеризувати стійкість підсистем та системи в цілому за період зміни роботи лінії.

Рівень цілісності системи розраховували при певних умовах контролю підсистем. Підсистема С контролювалась по вмісту сухих речовин в желейній масі, які знаходяться в інтервалі СР — 74—78 %. Введення добавок з листяних овочів скорочує тривалість драгління желейної маси, яка і є значущим параметром підсистеми В. Підсистема А контролювалась за органолептичними показниками якості готових виробів (згідно ДОСТ 6442—89).

На основі проведених експериментів одержали значення імовірностей на виході підсистем.

Приклади	Значення імовірностей, Р		
	Рс	Рв	Ра
Контрольні зразки	1,0	0,88	0,92
Зразки з доданням ПЛШ	1,0	0,90	0,95
Зразки з доданням НФЛО	1,0	0,91	0,96

Розглянемо зв'язану систему С, В, А. Значення рівня цілісності для такої системи має вигляд:

$$\Theta_{СВА} = \eta_C + \eta_{В/С} + \eta_{А/СВ} - 2 \quad (2)$$

Визначимо цілісність технологічної системи для контрольних зразків:

$$\eta_C = 1 - [1,0 \log_2 1 + (1-1) \log_2 0] = 1 \quad (3)$$

$$\eta_{В/С} = 1 - [-0,88 \log_2 0,88 - (1-0,88) \log_2 (1-0,88)] = 0,471 \quad (4)$$

$$\eta_{А/СВ} = 1 - [-0,92 \log_2 0,92 - (1-0,92) \log_2 (1-0,92)] = 0,601 \quad (5)$$

$$\text{То } \Theta_{СВА} = 1 + 0,471 + 0,601 - 2 = 0,072 \quad (6)$$

Визначимо цілісність технологічної системи для зразків, які містять ПЛШ:

$$\eta_C = 1 - [1,0 \log_2 1 + (1-1) \log_2 0] = 1 \quad (7)$$

$$\eta_{В/С} = 1 - [-0,9 \log_2 0,9 - (1-0,9) \log_2 (1-0,9)] = 0,531 \quad (8)$$

$$\eta_{А/СВ} = 1 - [-0,95 \log_2 0,95 - (1-0,95) \log_2 (1-0,95)] = 0,714 \quad (9)$$

$$\text{То } \Theta_{СВА} = 1 + 0,531 + 0,714 - 2 = 0,245 \quad (10)$$

Визначимо цілісність технологічної системи для зразків, які містять НФЛО:

$$\eta_C = 1 - [1,0 \log_2 1 + (1-1) \log_2 0] = 1 \quad (11)$$

$$\eta_{В/С} = 1 - [-0,91 \log_2 0,91 - (1-0,91) \log_2 (1-0,91)] = 0,565 \quad (12)$$

$$\eta_{А/СВ} = 1 - [-0,96 \log_2 0,96 - (1-0,96) \log_2 (1-0,96)] = 0,757 \quad (13)$$

$$\text{То } \Theta_{СВА} = 1 + 0,565 + 0,757 - 2 = 0,322 \quad (14)$$

На основі експериментів розроблена методика оцінки якості технології виробництва желейного мармеладу показала, що використання листяних овочів та шпинату означається на проведенні окремих технологічних операцій, збільшує цілісність та стабільність технологічного процесу та якості продукції виробництва желейного мармеладу.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Оценка** качества технологии плиточного шоколада. Панфилов В. А., Скобельская З. Г., Туманова А. Е., АгроНИИТЭИПП, пищевая пром-ть, серия 17, Кондитерская промышленность, 1992, Обз. инф. вып. 2, 1—20.
2. **Панфилов В. А.** Научные основы развития технологических линий пищевых производств. — М.: Агропромиздат, 1986. — 245 с.
3. **Панфилов В. А.** Оптимизация технологических систем кондитерского производства: Стабилизация качества продукции. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 248 с.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ НОВИХ ВИДІВ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ З НЕТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ СИРОВИНИ

ХАРЧОВІ РЕЧОВИНИ ТА ПРОДУКТИ ДЛЯ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ХАРЧУВАННЯ

Н. К. Черно

У країнах Східної Європи останні десятиріччя XX віку відзначились становленням та розвитком нової галузі харчової технології — виробництва «здорової» їжі, яка розглядається як необхідний фактор зберігання та поліпшення здоров'я населення [1]. Отримало визнання «конструювання» продуктів харчування з необхідним комплексом властивостей. Це сприяє створенню раціонів лікувально-профілактичного, спрямованого (цільового) харчування, дозволяє підтримувати адекватний гомеостаз, забезпечувати працездатність та нормальний стан здоров'я усіх груп населення [2—5].

Конструювання продуктів — актуальна проблема для високорозвинених країн, оскільки це засіб раціоналізації поживлення есенціальних харчових речовин, надмірне використання яких (білок та ін.) сприяє широкому розповсюдженню захворювань цивілізації.

У країнах з обмеженим обсягом продовольчої сировини та продуктів проблема створення технологій, що дозволяють ефективно використовувати есенціальні харчові речовини, стоїть ще гостріше, оскільки економічно вигідне зростання обсягів виробництва харчових продуктів тільки за рахунок підвищення їх виходу не може повністю забезпечити нормальне функціонування організму людини як у фізичному, так і в інтелектуальному проявленнях [5]. Цей аспект раціоналізації харчування сьогодні стає дуже важливим.

Україна, як і інші держави колишнього СРСР, посідає одне з останніх місць по середній тривалості життя людини. При загальній кількості населення близько 50 млн чоловік, чисельність хворих в нашій країні перевищує 12 млн, серед них 1 млн дітей віком до 14 років. Серед хвороб, якими страждає доросле населення, переважають захворювання органів травлення: виразка шлунку, дванадцятипалої кишки, хронічний гастрит, жовчнокам'яна хвороба, холецистит. Майже 1 млн дітей страждають захворюваннями шлунково-кишкового тракту, жовчнокам'яною хворобою, холециститом,

понад 300 тис. дітей мають захворювання ендокринної системи, порушення обміну речовин та імунітету. Кількість хворих цукровим діабетом кожен рік зростає приблизно на 30 тис. чоловік і зараз досягає 1 млн. В етіології цих захворювань домінує роль фактору харчування, він лежить в основі їх профілактики [6—8].

Для удосконалення структури харчування, створення продуктів з наперед заданими властивостями, формування харчових раціонів для різних груп населення необхідною умовою є наявність банку харчових речовин з різноманітним складом, функціональними, фізико-хімічними та медико-біологічними властивостями, речовин, які мають диференційну фізіологічну дію. На їх основі необхідно розробити асортимент «здорових», лікувально-профілактичних продуктів і продуктів цільового призначення.

У проблемній лабораторії комплексної переробки рослинної сировини в кормові та харчові продукти ОТХП ім. М. В. Ломоносова останні 5 років інтенсивно ведуться дослідження в галузі розробки харчових речовин, що необхідні для конструювання їжі. Ці дослідження базуються на ідеї прогнозування фізіологічних ефектів харчових речовин на основі вивчення їх складу та властивостей. Одним з найважливіших принципів досліджень є підвищення ефективності використання сировини за рахунок її поглибленого фракціонування.

Серед розроблених речовин та композицій — харчові волокна, білки, жиротривалі цукрозамінники, радіопротектори, імуностимулятори та ін. Як джерела сировини використовуються різноманітні відходи харчових виробництв, побічні продукти переробки зерна, овочів, фруктів, морські водорості, інша нетрадиційна сировина.

Розробка методів виділення здійснюється на основі характеристики хімічного складу сировини, детальних досліджень природи біополімерів, їх будови та властивостей. На наступних етапах здійснюється оцінка складу одержаних харчових речовин, їх функціональних, санітарно-гігієнічних та медико-біологічних властивостей.

Результати цих досліджень служать підставою для висновку про доцільність їх використання як збагачувальників або добавок, визначення спектру фізіологічної дії. Потім розробляється технологія виробництва та технологічна документація на продукти, реалізується дослідно-промислова апробація технологій та характеристика виробленої продукції.

Цикл досліджень завершується розробкою різноманітних продуктів харчування, серед них і комбінованих, з включенням отриманих препаратів.

Нижче наведено стислий опис категорій препаратів, що розробляються.

Харчові волокна — незамінний фактор харчування, нестача якого в раціонах складає 50 % і більше від нормативних показників. Дефіцит харчових волокон (ХВ) в їжі є фактором ризику щодо

розвитку атеросклерозу, ішемічного захворювання серця, жовчно-кам'яної хвороби, холециститів, колитів, раку товстої кишки, цукрового діабету. Дослідження, що проводяться в цьому напрямку в ОТІХП, охоплюють широке коло питань, у тому числі розробку концентрованих препаратів ХВ з активованими функціональними властивостями з різноманітних видів рослинної сировини і різною спрямованістю дії (М. С. Дудкін, Н. К. Черно), а також препаратів ХВ цільового призначення, які можуть диференційно використовуватись при різних патологічних станах — зниженій секреторній функції підшлункової залози, діабеті, цукровому діабеті, ожирінні, лікуванні пострадіаційних наслідків. Здійснюється виробництво дослідно-промислових партій ХВ. Препарати ХВ використовуються в лікувальних, санаторно-курортних закладах. Розроблено рецептури різноманітних продуктів харчування, збагачених ХВ, у тому числі харчових концентратів. Виробництво останніх освоєно Одеським комбінатом харчових концентратів, де здійснюється випуск цієї продукції.

Жиро- та цукрозамінники. На основі крохмалю та сировини, яка вміщує його (вторинні продукти млинів, крупо- та хлібозаводів), з допомогою біотехнологічної переробки одержано чимало підсолоджуючих речовин та жирозамінників (Л. В. Капрельянц). Це — глюкозні, глюкофруктозні, мальтозні, мальтодекстринні сиропи, жирозамінник «Мальтоіл». Регулюючи склад цих добавок, можна надавати їм властивостей структуроутворювачів, емульгаторів, стабілізаторів. Добавки використовуються у виробництві низькокалорійних продуктів харчування із зниженим вмістом жиру та цукру. Так, «Мальтоіл» може замінити від 20 до 50 % олії та жиру при виготовленні кремів для тортів, майонезу, що дозволяє знизити в них вміст сахарози та холестериновміщуючих компонентів. Використання замінників сприяє поліпшенню фізико-хімічних та органолептичних показників продуктів, надає їм дієтичних властивостей, дозволяє економити сировину, яка дорого коштує. Технології одержання добавок та продуктів з їх включенням пройшли апробацію у виробничих умовах, їх впровадження є реальним на різних підприємствах харчової промисловості.

Білкові концентрати. Роль білків у харчуванні людини є загальновідомою. Вони необхідні для здійснення найважливіших функцій організму, функцій, від яких залежить його життєдіяльність та взаємодія з зовнішнім середовищем. Тепер у виробництві харчових продуктів використовується цілий ряд білків нетрадиційного походження, які одержано з вторинних ресурсів. В ОТІХП ім. М. В. Ломоносова розроблено технологію одержання харчового білка із макухи кукурудзяних зародків (О. Ф. Загібалов). Білок характеризується порівнянно збалансованим змінно-кислотним складом та високою біодоступністю. Він має комплекс різноманітних функціональних властивостей (водо- та жирозв'язуюча здібність, піноутво-

рююча здібність, стійкість піни, стабільність емульсії, індекс розчинності, температура коагуляції), який сприяє ефективному використанню білка у складі цілого ряду харчових продуктів.

Біорегулятори природного походження. В зв'язку із зростаючою в останні роки дією певних факторів на імунологічний статус населення розробка харчових добавок та продуктів, які корегують порушення імунологічної реактивності організму, набула особливої актуальності.

Науково обгрунтовано та розроблено технології переробки овочевої сировини, які дозволяють найбільш повно зберегти склад і властивості ендогенних структур за рахунок мінімального консервуючого впливу при технологічній переробці (Л. М. Пилипенко). Одержано рослинні добавки, що мають антимутагенні, імунофармакологічні, радіопротекторні, антиоксидантні та інші властивості, які визначають їх лікувально-профілактичну дію. Розроблено рецептури та технології одержання продуктів з включенням імунокорегуючих овочевих біодобавок. Впровадження розробки цілком можливо на підприємствах Укрплідоовочпрома, а також на підприємствах суміжних галузей харчової промисловості — харчоко-нцентратній, макаронній, хлібопекарній, кондитерській та ін.

Пектин з властивостями, які можна регулювати. Завдяки специфічним властивостям, пектин, поряд з традиційними напрямками використання (студнеутворювач, загусник), одержав в останні роки застосування як радіопротектор.

В ПНДЛ ОТІХП ім. М. В. Ломоносова розроблено біотехнологічний метод одержання яблучного пектинового концентрату, який не має аналогів (А. Т. Безусов). Технологія проста і може здійснюватись на устаткуванні сокового виробництва без додаткових витрат на матеріали; дозволяє отримати пектинові речовини з заданим ступенем етерифікації і перш за все низькометоксильовані пектини, які здатні зв'язувати іони тяжких металів, радіонуклідів.

На основі пектинового концентрату розроблюється широкий спектр консервованих продуктів лікувально-профілактичного призначення. Поряд з використанням традиційних продуктів — желе, джеми, конфітури, пектинові напитки, мармелад, він повинен знайти використання як замінник жирів при виробництві майонезів, соусів.

У лабораторії розроблюються технології виробництва широкого спектру «здорових» харчових продуктів, у тому числі хлібобулочних та кондитерських (Карнаушенко Л. І.), продуктів швидкого приготування із зернових (І. Т. Мерко, В. В. Моргун), овочевих (Гришин М. А., Флауменбаум Б. Л.). Для геродієтичного харчування призначені нові молочнокислі види продуктів (Чагаровський О. П.).

У реалізації розроблених харчових речовин та добавок як компонентів раціонів особливого значення надається продуктам. Це

новий, найбільш прогресивний шлях, який дозволяє корегувати склад харчової системи відповідно до тих чи інших вимог.

Змінюючи введення основних компонентів та добавок (харчові волокна, цукрозамінники, білки, імунорегулятори), можна одержувати продукти з різною харчовою та енергетичною цінністю, з різним складом, який регулюється, з необхідним напрямком фізіологічно. дії. Де екструдовані продукти — сухі сніданки, формовані продукти типу крупи. У Проблемній лабораторії почали розвиватися роботи в цьому напрямку. Уже розроблено цілий ряд рецептур таких продуктів (Л. Г. Віннікова, Л. М. Пилипенко, Л. В. Сердюк, Н. К. Черно). Технологію одержання сухих сніданків, що збагачені ХВ висівки пшениці, апробовано у виробничих умовах. Дослідно-промислова партія продукції реалізована населенню.

Таким чином, введення в сферу харчування розроблених в ПНДЛ збагачувачів та добавок дає можливість впливати на структуру харчування населення, формувати раціони відповідно до індивідуальних особливостей організму, адаптувати організм до впливу антропогенних факторів, а тому — спрямовано допомагати покращенню здоров'я людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Prybyla A. E. Formulating healthy foods //Food Eng. — 1990. — 62. — N 2. — P. 49—50, 52—53.
2. Volrol F. Low/reduced calorie formulations and the food industry //Food Market and Technol. — 1990. — 3. — N 3. — P. 24—26, 28—31.
3. Рогов И. А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности //Пищевая технология.—Изд. вузов.—1987. — № 2. — С. 9—15.
4. Рогов И. А. Всесоюзная конференция о комбинированных продуктах питания //Пищевая технология.—Изд. вузов.—1989.— № 3.— С. 8—10.
5. Лизатов И. Н. Принципы и методы проектирования рецептур пищевых продуктов, сбалансированных рационы питания //Пищевая технология. — 1990. — № 6. — С. 5—16.
6. Уголева А. М. Питание и здоровье //Пищевая промышленность. — 1990. — № 6. — С. 5—7.
7. Владимирович Л. Н. К вопросу о концепции направленного (целевого) питания //Вопросы питания. — 1987. — № 1. — С. 74—75.
8. Артемев А. В. Изучение корреляционных связей факторов питания с хроническими неинфекционными заболеваниями пищеварительной системы //Вопросы питания. — 1987. — № 1. — С. 20—23.

ЗАСТОСУВАННЯ ФЕРМЕНТНИХ ПРЕПАРАТІВ ПІД ЧАС ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ

Л. В. Капрельянц

Протягом тисячоліть хлібні злаки є найважливішою сільськогосподарською культурою. В більшості країн світу вони найбільш культивовані рослини. В останні десятиліття спостерігається знач-

ний ріст площ під злаками і збільшення продукції зернових. Згідно [1] середнє збільшення врожайності по зерновим культурам складало 2—3,8 %. Спеціалісти вважають, що ця тенденція збережеться, і виробництво зернових буде нарощуватись. Дальше використання досягнень молекулярної біології і генної інженерії передбачає навіть більш швидкий ріст виробництва зернових.

Вивчення ситуації в багатьох краях світу дає можливість зробити висновок, що зазначена вище тенденція має досить протиріччя. В промислово розвинених країнах великий приріст злаків може викликати труднощі з експортом. Згідно оцінкам експертів надлишки зерна в 2000 році будуть складати 60 млн т на рік з одного боку, в багатьох країнах, що розвиваються, нестача зерна з іншого боку. Великі проблеми в забезпеченні населення продуктами харчування [3].

Значна різниця спостерігається також в використанні хлібних злаків. У країнах, що розвиваються, більша частка зерна йде на промислові цілі і кормові потреби.

У наш час набувають розвитку нові напрямки переробки зернової сировини, засновані на процесах ферментації, які дають можливість трансформації основних компонентів. Для покращення якості харчування зерна можна виділити у такі напрямки:

- розділення морфологічних та хімічних складових частин (в'язь, висівки, ендосперм, крохмаль, білок, жир тощо);
- дальша обробка морфологічних та хімічних складових частин (вхідні крохмалю, ліпідів, амінокислот, жирних кислот, вітамінів та ін.);
- переробка зерна в ферментній промисловості (виробництво етанолу, ацетону, органічних кислот та їх похідних);
- обробка інших частин злакової рослини (виробництво целюлози, пентозанів, білків, каротиноїдів) [4, 5].

Отже, очевидно, що підвищення ступеня використання зерна слід розглядати з точки зору не тільки економії борошномельного виробництва, але й технологічних властивостей зернопродуктів, їх харчової цінності та фізіологічного значення. Традиційні методи переробки зернової сировини не завжди в достатній мірі дозволяють зберегти найбільш лабільні компоненти.

Перспективним напрямком в реалізації біотехнологічних методів в переробній промисловості є створення нових технологічних рішень, заснованих на цілеспрямованому використанні ферментних препаратів мікробіологічного походження.

Розвиток досліджень у цьому напрямку привів до створення технологічних прийомів і процесів по трансформації зернової сировини в асортимент харчових добавок, збагачувачів та продуктів. Активно ведуться розробки та організація виробництва нових продуктів і харчових добавок із злаків. Розроблено безвідходні технології, що включають використання різноманітних ферментних пре-

паратів по переробці пшениці, жита, ячменю, сої та ін. [8, 9]. В процесі виробництва борошна і круп з побічних продуктів отримують методами біотехнології більше 500 різноманітних харчових речовин, кормових засобів та фізіологічно активних речовин.

У табл. 1 показано в узагальненій формі можливість ферментативної обробки зернових [10]. Способи переробки зернових відносяться в основному до продуктів хлібопекарної та крохмально-паточкової промисловості. Можливе використання їх також для виробництва інстантних продуктів (готових для вживання) і нових похідних, зокрема білкових або вуглеводних напівфабрикатів, які можуть застосовуватись як інгредієнти в традиційних або нових харчових продуктах.

Основний напрямок переробки зернових ферментами зв'язаний з гідролітичними перетвореннями біополімерів рослинної сировини в моно- і олігосахариди, модифіковані полісахариди, поліпептиди, яким притаманні підсолоджуючі, структуруючі, смакові та харчові властивості [11, 12, 13].

Значна частина ферментних обробок, що проходить в зерновій сировині, полягає в доповненні ендогенної ферментативної системи сировини екзогенними ферментними препаратами мікробіологічного походження [14, 15].

В технологічних процесах під час переробки зернових та їх похідних в основному застосовують ферменти гідролазної та оксидоредуктазної дії: ліпази, фосфоліпази, фітази, α -амілази, β -амілази, глюкоамілази, целюлази, декстранази, -глюкозиди, інвертази, пуллуланази, пентозанази, трипсин, бактеріальні протеази, папаїн, бромелін, грибні протеази (кисла, нейтральна), каталази, пероксидази, глюкооксидази та ін.

Таблиця 1

Види використання зернових та можливості ферментних обробок

Злак	Продукти та процеси	Первинна обробка	Можливі ферментні обробки
Тверда пшениця	Макаронні та хлібо-булочні вироби	Помел	Інстантанезація
М'яка пшениця	Хлібобулочні вироби, відмивання клейковини	Помел	Збільшення вмісту зброджуючих цукрів, декстринізація
Жито	Хлібобулочні вироби, бродіння	Помел	Модифікування клейковини, окислення ліпідів та білків, гідроліз геміцелюлоз, желювання пентозанів шляхом окислення поліфенолів

Продовження

Злак	Продукти та процеси	Первинна обробка	Можливі ферментні обробки
Кукурудза, сорго	Крохмаль і його похідні, олія, бродіння пряме використання, варка, екструзія, корми	Сухий і вологий помел, оцукрювання	Гідроліз крохмалю, ізомеризація, глюкозних сиропів
Ячмінь	Корми, солод, бродіння	Помел, пророщування, оцукрювання	Гідроліз крохмалю, гідроліз білків
Рис	Пряме використання, варка, екструзія, крохмаль, бродіння	Очистка від лопи, оцукрювання	Гідроліз крохмалю
Овес	Пряме використання, пластівці, корми	Помел, флокулювання, обварювання	Концентрування білкової фракції

Нині під час виробництва сортового борошна та багатьох традиційних видів круп йдуть у висівки та мучницю найцінніші в харчовому відношенні частини зерна: клейкові шари, оболонки зародків. Вони багаті на білки, полісахариди, вітаміни, мінеральні та інші компоненти, які можуть забезпечувати організм людини поживними речовинами. Вилучення цих речовин дозволяє зберігати сировинні ресурси, збільшує виробництво традиційних і нових харчових продуктів.

Нами пропонується тверді побічні продукти переробки зерна оброблювати системами карбогідраз з метою модифікації біополімерів сировини і шляхом дальшого її фракціонування отримувати добавки і збагачувачі вуглеводної і білкової природи із спрямованими функціональними властивостями. Це дозволяє створити широкий асортимент харчових добавок, які отримуються екологічно чистими методами. Розроблені режими біомодифікації дає змогу одержувати білкові збагачувачі, підсолоджувачі, стабілізатори, емульгатори, зв'язуючі речовини, харчові волокна, інтенсифікатори смаку та запаху, замінники жирів та ін. (схема).

Розроблено технологічні схеми комплексної переробки висівків та мучниць з використанням біотехнологічних методів, що забезпечують раціональну утилізацію всіх складових частин рослинної сировини. Проведено промислову апробацію розроблених технологій. Розроблено і затверджено нормативно-технічну документацію на нові харчові добавки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кретович В. Л. Биохимия зерна. — М.: «Колос», 1990. — 98 с.
2. Мерко И. Т. Технология мукомольного и крупяного производства. — М.: Агропромиздат, 1985. — 288 с.

Асортимент харчових кормових добавок, розроблених на основі біотехнологічних методів переробки вторинної зернової сировини

ВУГЛЕВОДНІ

1. ЗАГУЩУВАЧІ:
 - а) гелеутворюючі (глюмадин, модифіковані геміцелюлози);
 - б) драгленподібні (низькорозщеплені зернові крохмалі).
2. СТАБІЛІЗАТОРИ ЕМУЛЬСИЙНИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ (модифіковані зернові крохмалі).
3. ПІДСОЛОДЖУВАЧІ (зернові глюкозні підсолоджувачі, мальтодекстрини).
4. ІНТЕНСИФІКАТОРИ СМАКУ ТА ЗАПАХУ циклодекстрини).
5. НАПОВНЮВАЧІ (модифіковані геміцелюлози, харчові волокна, модифіковані пектинові речовини).

КОМБІНОВАНІ

1. Ферментовані оцукрені зернові продукти (ФОЗП).
2. Зернові кисломолочні продукти.
3. Пектиномісткі ферментовані продукти.
4. Зернові екстракти.

БІЛКОВІ

1. ЗБАГАЧУВАЧІ (зернові білкові концентрати та ізоляти комбіновані білкові продукти).
2. ФУНКЦІОНАЛЬНІ БІЛКОВІ ДОБАВКИ:
 - а) емульгатори;
 - б) стабілізатори.

ЛІПІДНІ

1. ХАРЧОВІ ЖИРОЗАМІННИКИ (мальтоол, глюмадин).
2. МІКРОБНІ ЛІПІДИ.

АЗОТОМІСТКІ

1. ЗАМІННИКИ КОРМОВОГО ПРОТЕІНУ (препарати глюкозилсечовин).
2. КОРМОВІ ЗАСОБИ З ВКЛЮЧЕННЯМ ПРЕПАРАТІВ ГЛЮКОЗИЛСЕЧОВИН.
3. БРИКЕТОВАНІ КОРМИ.

ВУГЛЕВОДНІ

ФЕРМЕНТОВАНІ КОРМОВІ ДОБАВКИ.

3. Капрельяц Л. В. Біотехнологія у виробництві харчових продуктів // Харчова і переробна пром-сть. — К., 1992. — № 8. — С. 20.
4. Cantarelli C. Trattamenti enzimatici nelle industrie dei derivati dei cereali // Tecnica molitoria. — 1987. — N 9. — P. 681—692.
5. Munring K. Letreide und Letreidemahlevrengnisse aus der Sicht alternative Ernährungsweiser // Letreide, Mehl und Brot. — 1987. — V. 6. — P. 178—191.
6. Капрельяц Л. В. Биконверсия растительных отходов в пищу // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Достижения биотехнологии — агропромышл. комплексу». — Черновцы, 1991. — Ч. 1. — С. 167.
7. Применение ферментов при комплексной переработке зерна // Л. В. Капрельяц, А. Ю. Килимник, А. Р. Духанина, Н. А. Родионова // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Достижения биотехнологии — агропромышл. комплексу». — Черновцы, 1991. — Ч. 1. — С. 166.
8. Bera M. B., Mulherjee R. K. Solubility, emulsifying and foaming properties of use bran protein concentrates // J. Food Sci. — 1989. — V. 54. — N 1. — P. 142—145.
9. Капрельяц Л. В., Тарахтий Л. В., Колесниченко С. Л. Модифицированные σ -амилазой зерновые крахмалы с низкой степенью гидролиза // Пищ. пром-сть. — 1992. — № 12. — С. 25.
10. Neidfeiman S. Enzymology and food processing // In: Biotechnology and Food Processing / Harlander S. and Labura T. Eds. Noyes Publications. — Park Ridge, New York, 1986. — P. 223.
11. Harlander S. Engineering the Foods of the Future // Cereal Foods World. — 1990. — V. 35. — N 11. — P. 1106—1109.
12. Капрельяц Л. В., Середницький П. В., Духанина А. Р. Белковые продукты из нетрадиционного растительного сырья: Обзор. информ. — М., ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. — 1992. — С. 1—42.
13. Капрельяц Л. В., Тарахтий Л. В., Стынгач М. В. Ферментативный гидролиз пшеничного крахмала различными амилазами // Биотехнология. — 1991. — № 6. — С. 50—52.
14. Геміцеллюлози зерна злаков и ферменты, катализирующих их расщепление. — Обзор. Н. А. Родионова, Л. В. Капрельяц, П. В. Середницький, А. Ю. Килимник // Прикл. биохимия и микробиология. — 1992. — № 5. — С. 645—665.

ПІДСУМКИ ВИВЧЕННЯ ХІМІЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА РОЗРОБКИ НА ЇЇ ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ТА КОРМОВИХ ПРОДУКТІВ

М. С. Дудкін

Основні задачі сучасної науки та виробництва — розробка ресурсо- і енергозберігаючих технологій, одержання нових продуктів харчування і годування, підвищення їх якості.

Маючи це на увазі, враховуючи порівняно малу вивченість проблеми, в середині 50-х років на кафедрі органічної хімії, а пізніше і в Проблемній лабораторії ОТІХП ім. М. В. Ломоносова під керівництвом М. С. Дудкіна, за участю Н. Г. Шкантової, В. С. Старічкової, І. С. Казанської, С. О. Гриншпун і інших було розгорнуто пошуки нових джерел рослинної сировини для харчової та комбікормової промисловостей, дослідження їх характеристик і розробка

технологій, які дозволяють підвищити якість і створити нові добавки в харчі та корми.

Об'єктами вивчення стали вторинні ресурси переробки зерна на млинах, круп'яних заводах і інших підприємствах, буряковий жом і ряд овочів, відходи винограду, а також трави, очерет, листова деревина, морські рослини, що інтродуктуються у сільське господарство.

Дослідження розгортались у таких напрямках:

1. Визначення особливостей хімічного складу сировини як основи для створення нових технологій і продуктів.

2. Характеристики будови молекул основних компонентів сировини: целюлози, полісахаридів геміцелюлоз, пектинових речовин, крохмалю, які визначають технологічні параметри і якість отриманих продуктів.

3. З'ясування хімічних властивостей біополімерів і сировини в цілому, які дозволяють здійснити вибір технологій їх використання і вид кінцевих утворених речовин.

4. Розробка хімічних, біологічних, комплексних енерго- і ресурсозберігаючих технологій перетворення вторинних ресурсів промисловості і отримання продуктів харчування людини і кормів для тварин.

За результатами виконаних досліджень опубліковано понад 400 наукових статей, ряд монографій [1—4], одержано більше 30 авторських свідоцтв, здійснено реалізацію в промисловості, захищено 25 кандидатських і 4 докторських дисертацій. Все це дозволяє підвести підсумки, зробити наукові узагальнення по виконаній багаторічній роботі.

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА

Установлено, що за хімічним складом квіткові плівки зерна пшениці, жита, вівса, ячменю — представників хлібних злаків — близькі один до одного і відрізняються від плівок просовидних злаків (проса, рису), гречки.

Для перших характерним є підвищений вміст полісахаридів, процентний склад яких у плівках зерна дорівнює 76,13 %, жита — 74,72 % від маси сировини. Менше їх у плівках проса — 66,05 %. Плівки хлібних злаків характеризуються наявністю значної кількості геміцелюлоз, яка коливається в межах 34,8—39,5 % і невеликим — пектинових речовин і лігніну.

Полісахариди поверхневих шарів зерна формують ряд моносахаридів, у тому числі: D-ксоза, L-арабіноза, D-глюкоза, D-галактоза, D-глюкуронова- та D-галактуронова кислоти, D-рамноза і у випадку сої D-маноза. Усі вони засвоюються, саме це визначає мож-

ливість використання вуглеводів цієї сировини не тільки як кормової, але і як харчової сировини.

Поверхневі шари в основному сформовані із целюлози, полісахаридів, геміцелюлоз та лігніну. В меншій кількості вони містять пектин, білкові та інші речовини. Геміцелюлози зв'язані ковалентно з білком і утворюють вуглеводно-лігнінний комплекс, який руйнується при дії розчинів кислот. Білок, білковий комплекс можливо екстрагувати із сировини водними розчинами гідроксидів лужних металів. Умови процесу описані [1].

Вміст крохмалю у вторинних ресурсах залежить від параметрів технології виробництва борошна і може у висівках досягти 24 %, а в мучці ячменя, наприклад, — 53,83 %, гречки — 25,5 %.

В різній мірі коливається вміст лігніну. Наприклад, в оболонках гороху його приблизно 2,80 %, сої — 4,1 %, а в плівках пшениці — 12,02 %, жита — 16,80 %, оболонках гречки — 31,20 %.

На основі використання ряду паралельних методів встановлено присутність в плівках, оболонках зерна низькомолекулярних кислот: мурашиної, оцтової у вигляді складних ефірів. Так, для плівок зерна вівса, проса, оболонок гречки встановлено вміст зв'язаних залишків мурашиної та оцтової кислот, для гороху, сої — мурашиної, оцтової, пропіонової кислот. Вивчено кінетику їх відщеплення, яку описано в роботі [5]. За спектрографічним аналізом плівки оболонок зерна містять кремній, алюміній, магній, залізо, кальцій, натрій, титан, олово у співвідношеннях, які залежать від виду злаків.

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ІНТРОДУКТУЄМИХ ТРАВ

У ряді робіт [1] описано хімічний склад трав, інтродуктуємих в сільське господарство України, Молдови, Росії: живокіст, борщовик, сільфія, горець Вейріха, катран, мальва. Показано, що по вмісту білка ця сировина не поступається, а в ряді випадків перевершує відомі бобові трави — люцерну, конюшину. Наприклад, більше 70 % від загального азоту живокіста припадає на долю білкового азоту — 4,4 %. Склад вільних і зв'язаних амінокислот у вегетативних органах трав аналогічний, але залежить від виду трави. Наприклад, в білках живокісту присутня в значній кількості глутамінова кислота, що аналогічно насінням злаків. Серед незамінних амінокислот знайдено: фенілаланін, лейцин, лізин, треонін та інші.

За даними фракціювання білки трав в значній мірі формують водо- і солерозчинні полімери, що забезпечують їх підвищену харчову цінність. Листя трав містять досить багато вітамінів, поліфенольних сполук. Наприклад, вміст каротину у живокісті значно перевершує відомі трави. Серед поліфенольних сполук знайдено флаванолі, катехіни, лейкоантоциани та інші сполуки.

ХІМІЧНИЙ СКЛАД ВОДЯНИХ РОСЛИН

Досліджувались особливості складу філофори, цистозири, блакитнозелених водоростів і ряду морських трав: зостери, рдеста. Їх запаси у Чорному морі великі і достатні для промислової переробки, у тому числі за рахунок штормових викидів. Тому при відробленні методів збирання ця сировина може використовуватися в різноманітних цілях. Особливість філофори — це значний вміст сульфованого галактану, який має желуючі властивості і придатний для використання у кондитерській промисловості. У філофорі багато зв'язаного йоду, здобуття якого дасть змогу поповнити його нестачу в Закарпатті та інших зонах [6].

Зостера містить значну кількість пектинових речовин, зокрема зостерина, який досягає 10 %. Він може замінити яблучний та інший пектин при виробництві кондитерських виробів (цукерок, мармеладу). Продукція, яка містить зостерин, була вироблена на Одеській кондитерській фабриці і отримала позитивну оцінку. Для морських трав характерний значний вміст білка, ряду вітамінів, макро- і мікроелементів. За технологією, яку пропонуємо, зостера додавався у комбікорми в Херсонській області, гранулювалася і згодовувалася тваринам. В результаті отримано додаткові кількості м'яса та молока. Розроблено ТУ і затверджено ТІ на заготівлю і використання цього нового виду корму.

БУДОВА ПОЛІСАХАРИДІВ

Будова полісахаридів, які формують вторинні ресурси переробки зерна, інтродуктуємих трав, водоростів і морських трав, очерету, винограду, листової деревини, вивчено недостатньо. Після їх вилучення із рослинної маси і очистки методом осадження, фракціювання за допомогою гель-хроматографії, електрофорезу та ін., на основі даних, отриманих після гідролізу і хроматографії гідролізатів, метилювання та ідентифікації метильованих моносахаридів, періодатного окислення ІЧ- і маспектроскопії і інших методів, визначено оцінку будови макромолекул крохмалів, полісахаридів геміцелюлоз, целюлози.

БУДОВА КРОХМАЛІВ

Вивчено будову макромолекул крохмалів зерна проса, гречки, гороха, квасолі, картоплі, морських трав і іншої сировини [7, 8]. Принципова будова молекул цієї сировини аналогічна відомим крохмалю пшениці, картоплі та інших. Їх формують макромолекули нерозгалуженої амілози та розгалуженого в різній мірі амілопектину. Відміна полягає у співвідношенні полімерів, ступеня галузнення амілопектину, вмісту ефірнозв'язаних залишків фосфорної

кислоти і ряду показників, які характеризують фізико-хімічні властивості крохмалів. Так, наприклад, крохмаль ряду досліджених сортів проса містив амілозу в межах 21,5—22,5 %, амілопектину 74,3—75,4 % і проміжної фракції 5,1—5,7 % від маси крохмалю.

Середня довжина ланцюга амілопектину виявилась рівною 17—18 ангідроглюкозних одиниць — це дещо нижче у порівнянні з аналогічними полісахаридами інших зернових культур.

Крохмаль зерна гречки містить 20,4 % амілози і відрізняється невеликим вмістом фосфору. Граничне число його в'язкості дещо нижче ніж у раніш вивчених крохмалів інших зернових культур. У роботах дано характеристику клейстеризації крохмалів, процесу їх ферментативного гідролізу, визначено можливості синтезу ряду похідних, таких як крохмальфосфати, та їх властивості.

Отримані дані свідчать про повну можливість вилучення їх з мучок, зерновідходів, що накопичуються на круп'яних заводах, переробляючих зерно проса, гречки та інших злаків, та подальше введення їх в харчі.

Відсутність у літературі відомостей і великі запаси визначили доцільність характеристики крохмалів морських трав, у тому числі рдеста. Встановлено, що листя, стебло цієї морської рослини містять крохмаль у вигляді круглястої або подовженої форми з зернівкою, дещо меншою за картопляну. Він побудований з амілози — 22 % і амілопектину — 78 % порівняно невеликої молекулярної маси — до 10 000 одиниць. Амілопектин розгалужений у значній мірі.

БУДОВА ПОЛІСАХАРИДІВ ГЕМІЦЕЛЮЛОЗ

Вперше надано характеристику будови макромолекули полісахаридів геміцелюлоз, вилучених із вищеназваної рослинної сировини. Для пльовк, оболонки зерна характерним є вміст арабіноглюкуронооксиланів, а для ендосперми зерна пшениці — арабінооксилана. Бобові трави і листові деревини (вільха, тополя, евкаліпт) містять глюкуронооксилани, злакові трави аналогічно стеблам злаків — арабіноглюкуронооксилани, ряд інтродуктуємих трав — глюкуронооксилани. Оболонки гречки містять арабіногалактан, галактоглюкоманан. Для вегетативних органів зернових і інших рослин характерна присутність ксилоглюканів [9].

Ксилани побудовані за єдиним принципом: основний, найбільш довгий ланцюг, сформований із залишків β -D-ксілопіраноз, з'єднаних по місцю 1 $\rightarrow$ 4 бета-глікозидним зв'язком. Бокові розгалуження сформовані в залежності від виду початкової сировини або з залишків арабінози чи глюкуронової кислоти і її метильного похідного, або із одного і другого моносахаридів, а також залишків глюкози, зрідка галактози. При цьому залишки арабінози знаходяться в фуранозній формі і приєднані по місцю 1 $\rightarrow$ 2 або 1 $\rightarrow$ 3, що

забезпечує невисоку стійкість цих зв'язків у порівнянні із зв'язками ксилоза — — ксилоза, глюкуронова кислота — — ксилоза і, як слідство, більшу здібність до гідролізу.

Показано, що в складі однієї і тієї ж анатомічної частини рослини можуть міститися по даним електрофорезу і хроматографії гідролізатів ксилани декількох видів, а різні анатомічні частини, наприклад, винограду містять геміцелюлози різної структури. Склад моносхаридів геміцелюлоз визначає природу їх гідролізатів і можливість хімічного або біотехнологічного використання. Ксилани частково ацетильовані і в процесі переробки відщеплюють залишки оцтової кислоти.

БУДОВА ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН

Ряд трав, які інтродуктуються у сільське господарство, містять значну кількість пектинових речовин. Це визначило доцільність їх вилучення і характеристики.

Так, наприклад, із листя і стебел живокіста, борщовика, катрана розчином оксалату амонія були вилучені пектини та розглянута їх будова. Встановлено, що вони сформовані із D-галактуранової кислоти і невеликої кількості рамнози та галактози. Отже, протопектин цих трав, як і люцерни, подорожника та інших, належить до полігалактуронанів, які містять рамнозу. Полімери, що розглядались, містили значну кількість карбоксильних груп і менше — метоксильних, що дозволяє віднести їх до низькометоксильованих пектинів. Показано можливість їх використання в кондитерському виробництві у вигляді замінників яблучного і цитрусових пектинів, надано характеристику фізико-хімічних властивостей.

БУДОВА ЦЕЛЮЛОЗИ

Проведена характеристика целюлоз, вилучених з дослідженої сировини, показала, що за первинною будовою целюлози аналогічні глюканам деревини і іншої сировини. Целюлози поверхневих шарів зерна злаків, трав, очерету, винограду, овочів побудовані із залишків β -D-глюкопіраноз і належать до лінійних макромолекул. Характеристика ступеня упаковки показала наявність різного співвідношення аморфних і кристалічних ділянок целюлозного волокна. Як слідство — різні швидкості кислотного і ферментативного гідролізу. Ідентичність полісахаридів традиційної і нетрадиційної харчової сировини дозволяє стверджувати можливість використання останніх після вилучення і очистки як профілактичного і лікувального продукту харчування людини.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ ЗЕРНА В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Значний вміст в дослідженій сировині органічних речовин визначив доцільність їх фракціонування і отримання ряду продуктів.

Передумовами цих розробок стали:

1. Доцільність створення безвідходних процесів.
2. Можливість використання обладнання малої потужності, яке придатне для функціонування на підприємствах, що переробляють сільськогосподарську сировину в місцях її вирощування.
3. Зниження витрат енергії і здійснення безвідходного виробництва.
4. Використання максимально простого обладнання [10—14].

За основу нових технологій був взятий низькотемпературний гідроліз легкогідролізуємих полісахаридів сільськогосподарської сировини, розбавлених розчинами (0,2—0,5 %) соляної, сірчаної кислот, який здійснювався при температурі 98—99 °C. В результаті при порівняно невеликій витраті енергії йде утворення моносхаридів і перехід їх в розчин, придатний для мікробіологічної і іншої переробки, а також твердого залишка полісахариднолігнінового комплексу, тобто харчових волокон. Вивчено кінетику процесу гідроліза в різних умовах, проведено його оптимізацію і надано характеристику по ряду хімічних і технологічних показників. У процесі гідролізу вторинних ресурсів зерна в розчин переходять не тільки моно- та олігосахариди, але й ряд екстрактивних фізіологічно активних і поживних речовин. Перевірка на тваринах, в лабораторних і виробничих умовах показала можливість їх використання у вигляді кормових паток, в сполученні з карбамідом — вуглеводно-сечовинних цілком безпечних для жуйних тварин кормових добавок — поповнювачів недостатньої кількості білків [3]. Їх згодовування у ряді тваринницьких господарств України та Росії дозволило підвищити продуктивність тварин, збільшити надої молока.

Гідролізати виявились відмінним середовищем для вирощування кормових, хлібопекарних дріжджів, які дозволяють отримати підвищені виходи їх біомаси. Показано можливість використання отриманих водних розчинів в ролі стимуляторів розвитку хлібопекарних дріжджів на Одеському та інших заводах, що виробляють хлібопекарні дріжджі. Додання 5—10 % гідролізатів пшеничних висівків в розчини меляси — основної сировини дріжджових підприємств привело до зростання виходу дріжджів на 10—15 %, по масі. Згідно рекомендаціям, Миколаївський гідролізно-дріжджовий завод широко переробляє плівки рису, оболонки гречки, значно підвищує цим вихід кормових дріжджів.

Твердий залишок після гідролізу — харчові волокна — пройшов всебічну хімічну, медико-біологічну експертизу. Отримано дозвіл на впровадження у виробництво харчових волокон пшеничних висівків

і використання їх як лікувально-профілактичної харчової добавки при ряді захворювань шлунково-кишкового тракту. Харчові волокна люцерни рекомендують як засіб лікування діабету. Виявлено радіопротекторні властивості харчових волокон, їх позитивну дію при захворюваннях жовтяницею, раком прямої кишки. На їх основі розроблені технології виробництва композиційних харчових продуктів, в яких сполучуються харчові волокна з очищеними хлібопекарними, пивними дріжджами. В результаті отримано продукти лікувальної дії, збагачені білком і рядом вітамінів, що зробило їх корисними при лікуванні авітамінозу, шлункових, кишкових захворювань, засобами геронтологічної профілактики.

Другим напрямком характеристики рослинних ресурсів стала оцінка їх відношення до дії аміаку, в тому числі, вилученого при розкладі вуглеамонійних солей, карбаміду в різних умовах. Визначено механізм хімічних процесів, що відбуваються при амонізації, розроблено режими технології та надано характеристику отриманих продуктів, ефективності їх згодовування тваринам. Показано, що після амонізації сільськогосподарської сировини підвищується вміст в ній загального азоту і відбувається перетравлення органічних речовин, а це сприяло значному підвищенню продуктивності тварин, які отримували у ряді випадків ці добавки [1].

Таким чином, проведені дослідження зробили внесок в створення хімії і технології переробки вторинних рослинних ресурсів зернопереробної і харчової промисловості, трав, водоростей, морських трав, очерету.

Здійснено прогрес у структурній хімії вуглеводів.

Розроблено технології підприємств малої потужності, які дозволяють виробляти харчові і кормові добавки в умовах сільської місцевості.

Пропонується ряд нових харчових і кормових добавок на основі комплексного використання вторинних рослинних ресурсів при зниженні енергозатрат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудкин М. С. Химические методы повышения качества кормов и комбикормов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 350 с.
2. Дудкин М. С. Получение кормовых продуктов из отходов переработки зерна. — М.: ЦИНТИ Минзага СССР, 1963. — 55 с.
3. Дудкин М. С., Дарманьян П. М. Карбамид и его использование в комбикормах. — М.: Колос, 1982. — 53 с.
4. Дудкин М. С., Гриншпун С. И., Дарманьян П. М. Замінник кормового протеїну. — К.: Урожай, 1975. — 55 с.
5. Дудкин М. С., Шкантова Н. Г., Яцук А. Ф. Действие аммиака на некоторые виды пентозансодержащего сырья. — Химия древесины. — 1969. — № 3. — С. 33—38.
6. Дудкин М. С., Лукина Г. Д., Арешидзе И. В. Химия морских трав. — Труды ВНИРО. — Т. СХХІV. — М.: Пищевая пром-сть. — 1977. — С. 79—84.
7. Дудкин М. С., Озолина С. А. Некоторые свойства крахмала гречихи и их

изменения в процессе гидротермической обработки. — В кн.: Физика—химия крахмала и крахмалопродуктов /Тезисы докл. VII Всесоюз. научной конф. — М., 1976. — С. 20—21.

8. Капустина В. В., Дудкин М. С. Выделение и характеристика крахмала проса. — Известия вузов СССР //Пищевая технология. — 1970. — № 3. — С. 31—33.

9. Дудкин М. С., Громов В. С., Ведерников Н. А., Каткевич Р. Г., Черно Н. К. Гемиллюлозы. — Рига: Зинатне, 1991. — 488 с.

10. Дудкин М. С. Комплексное использование растительного сырья в пищевой промышленности. — Изв. вузов СССР //Пищевая технология. — 1980. — № 6. — С. 7—15.

11. Дудкин М. С., Черно Н. К., Казанская И. С., Вайнштейн С. Г., Масик А. М. Пищевые волокна. — К.: Урожай, 1988. — 152 с.

12. Дудкин М. С. Кормовые дрожжи из отходов зерноперерабатывающих предприятий //Мукомольно-элеваторная пром-сть. — 1962. — № 4. — С. 18—19.

13. Дудкин М. С. Пшеничные отруби /ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. Мукомольно-крупяная пром-сть. — М., 1992. — 33 с.

14. Дудкин М. С., Щелкунов Л. Ф. Вторичные ресурсы переработки винограда. — М.: АгроНИИТЭИПП, 1992. — 29 с.

ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ НОВИХ ВИДІВ ПРОДУКТІВ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ З ЛИСТЯНИХ ОВОЧІВ

Л. М. Пилипенко

Теоретична основа створення продуктів тривалого зберігання будується на системному комплексному дослідженні властивостей сировини з метою вишукування умов мінімальної зміни харчової цінності, біологічної активності та можливості їх потенціювання при технологічній переробці. У зв'язку з цим важливе значення має характеристика впливу термічної обробки на лабільні показники якості сировини — вивчення кінетики їх деградації, розрахунок констант термостійкості для прогнозування якості нових розроблених продуктів на основі отриманих даних.

Біохімічний скринінг і кваліметрична характеристика листяних овочів (шпинату сортів Ісполінський, Вікторія, Утеуш, салату Кучерявець Одеський і Зелений круглий, щавелю Одеський-17, Широколистний, Шпинатний, петрушки, кропу, амаранту) за 39 основними та есенціальними факторами харчування дозволили виділити їх серед традиційно використовуваних у харчуванні видів та сортів за підвищену харчову цінність і щільність калорій.

Для виявлення критеріальних показників лабільності інгредієнтів листяних овочів були встановлені значення D, що характеризують тривалість обробки овочів при константній температурі, в результаті якої відбувається 10-кратне зниження показника, який реєструється (табл. 1). Підхід, аналогічний математичному опису загибелі мікроорганізмів, став можливим на основі попередніх експериментальних досліджень, що показали лінійний характер залеж-

ності концентрації інгредієнту від тривалості термічного впливу у напівлогарифмічній системі координат [1] (рис. 1).

Таблиця 1

Вплив термічної обробки на збереження факторів харчової цінності
листяних овочів

Вид сировини, температура оброб- ки, °C	Значення D (хв) для					
	хлорофі- лу a	хлорофі- лу b	аскорбі- нової кислоти	кароти- ноїдів	тіаміну	пантоте- нової кислоти
Шпинат						
80	176	205	82	105	296	2351
100	148	151	37	56	171	1427
120	98	104	29,5	32	106	1374
Щавель						
80	179	165	117	131	194	2170
100	95	98	67	87	151	1401
120	57	70	48	68	99	1217
Салат						
80	97	168	101	65	218	2205
100	46	65	55	33	142	1613
120	24	26	34	17	93	1285

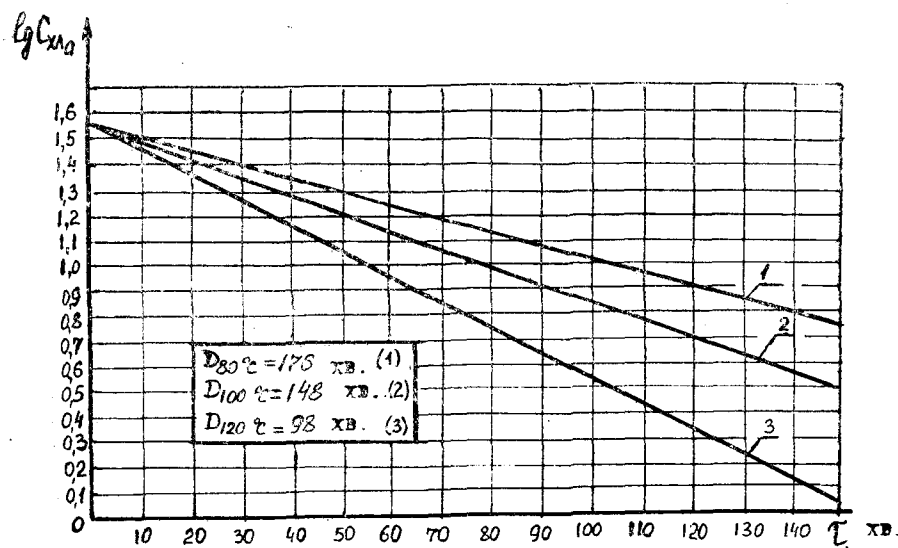


Рис. 1. Кінетика термічної деградації хлорофілу a у шпинаті
(1 — 80°C; 2 — 100°C; 3 — 120°C)

Пігменти білкових фракцій листяних овочів (в % від загальної кількості)

Об'єкт дослідження	Загальна концентра- ція пігмен- тів	Сольова фракція				Спиртова фракція	Лужна фракція		Строма
		загальна кіль-сть	незв'яз.	альбу- міни	глобу- ліни		загальна	незв'яз.	
Шпинат									
Хлорофіл <i>a</i>	62,8	27,14	11,46	15,64	11,50	32,63	0,49	0,14	2,525
Хлорофіл <i>b</i>	37,2	10,26	6,66	0,80	9,46	21,21	0,85	0,06	4,882
Сума <i>a + b</i>	100,0	37,40	18,12	16,44	20,96	53,84	1,34	0,20	7,41
Каротиноїди	100,0	49,16	25,16	41,39	4,75	19,03	17,83	5,91	14,01
Щавель									
Хлорофіл <i>a</i>	66,3	4,12	2,63	2,29	1,83	6,82	10,72	1,60	44,62
Хлорофіл <i>b</i>	33,7	1,22	0,69	0,38	0,84	1,70	1,25	0,13	29,53
Сума <i>a + b</i>	100,0	5,335	3,32	2,67	2,67	8,52	11,97	1,73	74,15
Каротиноїди	100,0	6,62	1,757	4,87	4,28	29,53	11,83	2,46	52,02
Салат									
Хлорофіл <i>a</i>	65,63	29,57	10,31	10,88	18,70	26,33	1,64	0,64	0,08
Хлорофіл <i>b</i>	34,37	10,47	2,81	5,33	5,14	11,99	1,28	0,18	10,62
Сума <i>a + b</i>	100,0	40,04	13,12	16,21	23,84	38,32	2,924	0,82	18,70
Каротиноїди	100,0	30,92	24,69	21,03	0,91	36,32	22,98	2,02	9,27

Як виходить з табл. 1, значення D істотно варіюється в залежності від досліджуваного показника та виду овочів, у зв'язку з чим аскорбінова кислота, каротиноїди, хлорофіли a і b вибрані як критеріальні. За результатами проведених нами досліджень різниця у термостійкості хлорофілів і каротиноїдів зумовлена не тільки величиною температурного фактору й тривалістю його впливу, але й особливостями стану пігментів. Частина вільного хлорофілу в шпинаті складає лише 35,8 % від загальної кількості, тоді як у щавлю — 72,9 %. Інша частина пігментів знаходиться в агрегированому стані — слабозв'язаній або сильнозв'язаній формі, що визначається асоціацією з білками та ліпопротеїдами.

За запропонованою нами методикою проводили диференційоване вивчення розподілу пігментів за зв'язком з білковими компонентами при фракціонуванні азотовмісних речовин (табл. 2). При цьому встановили, що пігменти шпинату пов'язані, головним чином, з легкоздобуваними (солерозчинними) білками, щавлю — з азотистими сполуками строми. Ці фактори вказують істотний вплив на «термічну виживаємість» лабільних інгредієнтів.

Термокінетичне моделювання якості листяних овочів у процесі сушіння проведено з використанням найбільш поширених промислових стрічкових сушарок типу Г4-КСК при ступінчастій зміні температури. Для отримання залежності виду $N_{yi} = f(t, q, w)$ проводили серію дослідів на прикладі шпинату за планом ПФЕ 2³ [2].

Кожний показник розраховували за рівнянням:

$$Y_{ji} = Y_{nji} - N_{yji} (\tau_i - \tau_{ni}), \quad (1)$$

де: Y_{ji} — поточне значення j -го показника якості на i -тій стрічці;

Y_{nji} — значення j -го показника якості на початку i -тої стрічки;

τ_{ni}, τ_i — відповідно початковий і кінцевий час сушіння шпинату на i -тій стрічці при температурі сушильного агента t_i ;

N_{yji} — поточна швидкість зміни j -го показника якості на i -тій стрічці сушарки.

Аскорбінову кислоту визначали титриметричним методом з використанням 2,6-дихлорфеноліндофенолу, каротиноїди, хлорофіли a і b — спектрофотометрично [3]. План дослідів і результати, одержані експериментально та за допомогою математичного моделювання, наведено у табл. 3.

За результатами обробки дослідів і статистичної оцінки одержаних даних було складено такі регресійні рівняння: для каротиноїдів

$$N_{y1} = 1,975 - 0,120x_1 - 0,170x_2 - 0,930x_3; \quad (2)$$

для хлорофілу a

$$N_{y2} = 4,553 - 0,477x_1 - 0,377x_2 - 1,435x_3; \quad (3)$$

для хлорофілу b

$$N_{y3} = 0,704 - 0,111x_1 - 0,126x_2 - 0,294x_3; \quad (4)$$

для аскорбінової кислоти

$$N_{y4} = 4,778 - 0,633x_1 - 0,380x_2 - 1,128x_3; \quad (5)$$

При цьому x_1 відбиває вплив температури, x_2 — навантаження на одиницю площі, x_3 — вологості.

Одержані рівняння адекватно описують експериментальні дані, що підтверджується невеликими значеннями середньоквадратичної помилки неадекватності S (табл. 3).

Таблиця 3

План і результати досліджень по вивченню швидкості зміни показників якості шпинату у процесі сушіння

№ п/п	Фактори			Поточна швидкість зміни показників якості, 10^{-3} г/кг·хв							
	°C	кг/м ²	%	каротиноїди		хлорофіли				аскорбінова кислота	
				експ.	розр.	a		b		експ.	розр.
						експ.	розр.	експ.	розр.		
1	60	6	10	3,290	3,285	6,830	6,842	1,230	1,235	6,670	6,670
2	100	6	10	2,870	2,865	5,850	5,888	1,030	1,012	5,400	5,405
3	60	10	10	2,910	2,945	6,160	6,088	0,990	0,982	6,710	6,745
4	100	10	10	2,550	2,525	5,111	6,133	0,740	0,760	5,520	5,480
5	60	6	90	1,402	1,425	4,010	3,975	0,630	0,647	4,080	4,075
6	100	6	90	1,000	1,005	3,030	3,017	0,430	0,425	2,810	2,810
7	60	10	90	1,120	1,085	3,120	3,217	0,410	0,395	4,180	4,150
8	100	10	90	0,640	0,665	2,310	2,263	0,170	0,172	2,850	2,885
Середньоквадратичне відхилення, S					0,023	0,054		0,014		0,027	

З метою розрахунку показників якості складено блок-схему, на основі якій розроблено програму для ПЕОМ, що дозволяє розраховувати показники якості при багатоступеневих режимах сушіння. Цю програму використано при оптимізації режимів сушіння як підпрограму.

Поряд з вивченням змін харчової якості листяних овочів при сушінні з'ясовано кінетику деградації лабільних показників якості у процесі їх стерилізації, встановлено значення D (рис. 1) та Z . Використання методу Б. Л. Флауменбаума дозволило одержати значення перевірних коефіцієнтів для встановлених значень Z у діапа-

зоні температур від 60 до 130 °С з точністю до 1 °С по кожному лабільному інгредієнту з метою аналізу режиму стерилізації в умовах змінного температурного поля, що впливає на показники органолептичної та біологічної цінності.

Таким чином, завдяки проведеним дослідженням вдалося виявити термолабільні компоненти сировини, встановити кінетичні характеристики їх деградації, що дозволить аналітичним шляхом прогнозувати якість продукту в широкому діапазоні температур, а також раціоналізувати з вказаних позицій режими термічних впливів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Флауменбаум Б. Л. Основы консервирования пищевых продуктов. — М.: Легкая и пищевая пром-сть. — 1982. — 272 с.
2. Ахназаров С. Л., Кафаров В. В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. Учебное пособие для хим.-технол. спецвузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1985. — 327 с.
3. Методы биохимического анализа растений /А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др. Под ред. А. И. Ермакова. Изд. 3-е, перераб. и доп. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 430 с.

ДО ПИТАННЯ ПРО ВЗАЄМОДІЮ КОМПЛЕКСУ БЮПОЛІМЕРІВ РОСЛИННИХ КЛІТИННИХ СТІНОК З БІЛКОВИМИ РЕЧОВИНАМИ

Н. К. Черно, С. О. Озоліна, С. Ф. Грабовець

Конструювання продуктів лікувального харчування базується на фізіологічній потребі організму здорової людини з врахуванням особливостей захворювання, його стадії, рівня і характеру порушення обмінних процесів.

Так, при тяжких інфекційних захворюваннях, хірургічних втручаннях і травмах, злоякісних пухлинах різко зростає потреба в білкових речовинах. У залежності від етапу ферментних систем вона може задовольнятися не тільки за рахунок самих білків, а й за рахунок продуктів їх деструкції — пептидів, амінокислот. Останні широко застосовуються у ентеральному харчуванні. Їх використання сприяє більш швидкому усмоктуванню, але це часто приводить до надмірного перевантаження організму і небажаної реакції. У зв'язку з цим доцільно розглянути можливість введення до харчової системи субстанцій, які зменшують швидкість дифузії нутрієнтів до стінок кишечника і водночас відіграють роль поповнювача дефіциту баластних речовин.

На першому етапі розробки харчових модулів типу білок—баластні речовини ми розглянули деякі закономірності взаємодії хар-

чових волокон пшеничних висівків (ХВПВ) з білком та продуктами його ферментної деструкції. Як білкову складову використовували казеїн. Ступінь неоднорідності досліджуваного білка контролювали методами вискоєфективної рідинної хроматографії та електрофорезу в ПААГ у системі Леммлі [1]. Як видно з рис. 1, 2, поряд з власно білковими фракціями казеїну містять азотисті сполуки, молекулярна маса яких відповідає поліпептидам.

Ізотерму сорбції казеїну ХВПВ зображено на рис. 3. Її описує рівняння мономолекулярної сорбції Ленгмюра, яке зв'язує кількість сорбованої речовини із рівноважною концентрацією сорбату. Теорія Ленгмюра охоплює явища як фізичної, так і хімічної сорбції [2, 3].

Таблиця 1

Вплив розміра частинок харчових волокон на сорбцію казеїну

Розмір частинок сорбенту, мкм	Сорбція, мг/1 г-ХВ
1500	0,85
1000	1,05
500	1,25
250	1,45

Таблиця 2

Вплив температури на сорбцію казеїну харчовими волокнами

Температура, °С	Сорбція, мг/1 г-ХВ
0	4,8
20	3,9
37	3,3

Таблиця 3

Вплив рН реакційного середовища на сорбцію казеїну

Значення рН середовища	Сорбція, %
7,0	12,0
9,0	15,0

Вивчено вплив на сорбцію азотистих сполук ряду параметрів: розміру частинок сорбенту, температури, значення рН реакційного середовища.

Як видно з результатів, наведених в табл. 1, зменшення розмірів частинок сорбенту супроводжується зростанням маси білка, який утримується одиницею маси ХВПВ. Це може бути зумовлено особливостями структури поверхні сорбенту, форма та розмір порів якої в більшій чи меншій мірі можуть відповідати структурі молекули сорбату.

Підвищення температури реакційного середовища супроводжується зниженням маси білка (табл. 2), який сорбується ХВ. Це дозволяє допустити ймовірність переваги сил фізичної природи в сорбційному процесі.

З результатів, наведених в табл. 3, видно, що підвищення значення рН середовища від 7,0 до 9,0 супроводжується зростанням масової долі білка, який сорбується ХВ.

Таблиця 4

Амінокислотний склад казеїну

Амінокислоти	Сорбція, %	
	рН 7,0	рН 8,0
Лізин	15,6	32,2
Гістидин	50,9	14,2
Аргінін	34,8	13,3
Аспарагінова кислота	16,5	26,6
Треонін	19,4	20,2
Серин	17,2	45,6
Глутамінова кислота	25,6	26,5
Пролін	3,8	55,0
Гліцин	24,5	8,9
Аланін	25,3	6,8
Валін	21,1	25,8
Метионін	9,5	0,4
Ізолейцин	25,2	51,3
Лейцин	25,4	44,1
Тирозин	1,7	2,9
Фенілаланін	6,0	1,1

Таблиця 5

Сорбція азотистих речовин харчовими волокнами

Фракції	Склад, %	Сорбція, %
Білки	14,0	10,0
Поліпептиди	57,6	68,0
Олігопептиди та амінокислоти	28,4	22,0

Більш докладну інформацію про азотисті сполуки, що зв'язуються при рН 7,0 і 8,0, одержали, аналізуючи результати, які характеризують зміни амінокислотного складу казеїну (табл. 4). У нейтральному середовищі сорбуються переважно молекули, в яких переважають амінокислоти, які мають лужний характер, а в лужному середовищі — глутамінова та аспарагінова кислоти. Ймовірно, що в процесі сорбції переважають сили електростатичної взаємодії між карбоксильними та амінінними групами білка з протилежно зарядженими групами, які містяться на поверхні сорбенту.

Вивчено взаємодію продуктів ферментативного гідролізу казеїну з ХВ. Гідроліз проводили одним з ферментів шлунково-кишкового тракту — трипсином на протязі різного терміну — 60 та 180 хв. [4]. Трипсин — серинова протеїназа, яка має унікальну субстратну специфічність, каталізує гідроліз пептидних зв'язків, утворених карбоксильними групами тільки лужних амінокислот — лізину та аргініну. Глибина гідролізу оцінювалась за допомогою ВЕРХ і електрофорезу в ПААГ (рис. 4, 5). Зменшення високомолекулярної фракції відбувається за рахунок фрагментації її до сполук з меншим ступенем полімеризації.

Оскільки досліджуваний розчин містив суміш білків, поліпептидів, олігопептидів і амінокислот, розглядали конкурентну сорбцію цих груп азотистих сполук ХВ (табл. 5), де переважала поліпептидна фракція.

На величину сорбції продуктів відродізу казеїну ХВ впливає рН реакційного середовища (табл. 6). У кислому середовищі маса продукту, який сорбується, досягає максимального значення.

Аналізуючи дані по зміні амінокислотного складу гідролізату казеїну, отримали інформацію про азотисті сполуки, що сорбуються при рН 7,0 і 8,0 (табл. 7). Аналогічно даним, які отримано по казеїну, в нейтральному середовищі сорбуються молекули, що містять лужні амінокислоти, чого в лужному середовищі не спостерігається.

Отримані дані можуть служити основою формування харчових модулів з заданим складом та властивостями, які об'єднують білкові речовини та харчові волокна.

Таблиця 6

Вплив рН середовища на сорбцію білкових речовин харчовими волокнами

Значення рН середовища	Сорбція продукту, %
5,0	43,0
7,0	33,0
9,0	37,0

Таблиця 7
Амінокислотний склад продуктів гідролізу казеїна

Амінокислоти	Сорбція, %	
	pH 7,0	pH 8,0
Лізин	29,8	9,1
Гістидин	60,6	10,9
Аргінін	27,0	11,8
Аспарагінова кислота	9,7	9,1
Треонін	23,4	11,0
Серин	24,8	10,9
Глутамінова кислота	2,0	4,6
Пролін	30,3	15,3
Гліцин	9,3	23,9
Аланін	17,5	4,1
Валін	16,5	1,1
Ізолейцин	24,7	9,0
Лейцин	21,8	8,8
Тирозин	41,8	15,8
Фенілаланін	25,7	12,5
Метіонін	16,7	62,9

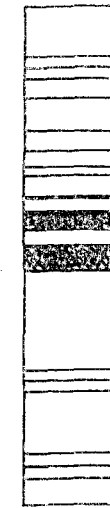


Рис. 2. Електрофореграма казеїну

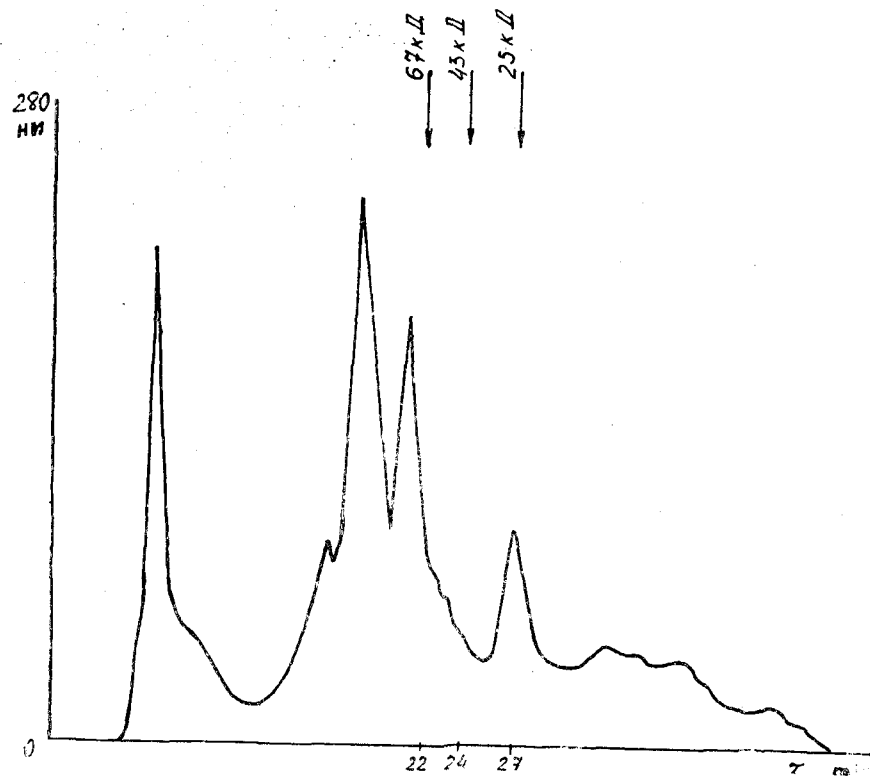


Рис. 1. Хроматограма казеїну

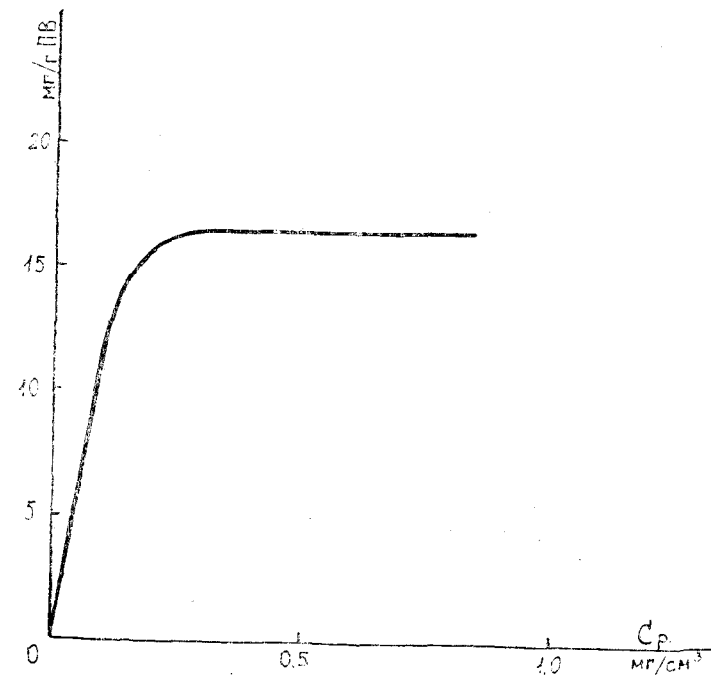


Рис. 3. Ізотерма сорбції казеїну

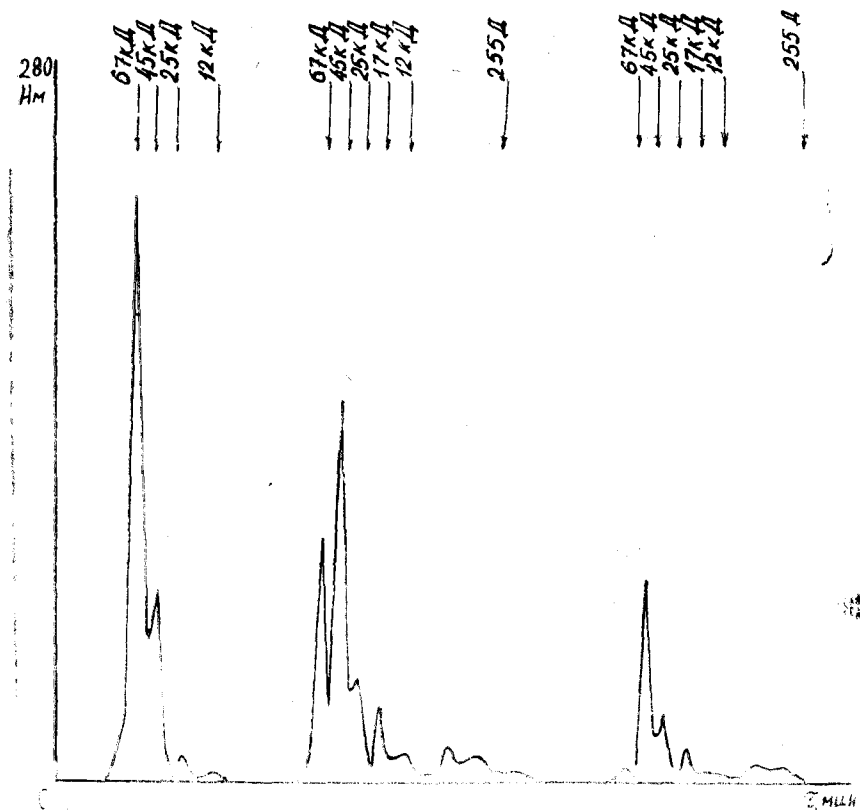


Рис. 4. Хроматограми:
1 — казеїну, 2 — гідролізату казеїну, 60 хв, 3 — гідролізату казеїну, 180 хв.



Рис. 5. Електрофореграма гідролізату казеїну

ЛІТЕРАТУРА

1. Laemmli V. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T₁ // Nature (London). — 1970. — 227. — P. 680—685.
2. Измайлова В. Н. и др. Поверхностные явления в белковых системах / В. Н. Измайлова, Г. П. Ямпольская, Б. Д. Сумм. — М.: Химия, 1988. — 240 с.
3. Джейкак М., Парфит Дж. Химия поверхностей раздела фаз: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 269 с.
4. Практическая химия белка: Пер. с англ. / Под ред. А. Дарбре. — М.: Мир, 1989. — 623 с., ил.

ХАРЧОВІ ВОЛОКНА, ЩО МІСТЯТЬ ФЕРМЕНТИ ЗАМІННОЇ ТЕРАПІЇ НЕДОСТАТНЬОСТІ ТРАВЛЕННЯ ЇЖІ

Г. В. Крусір

Удосконалення структури харчування та профілактика захворювань, пов'язаних з її порушенням, набуває у теперішній час першорядного значення. Світовий прогрес у галузі підвищення якості харчування розвивається у різних напрямках. З них найважливішим є конструювання харчових продуктів, збагачувальників, добавок з наперед заданими властивостями.

При багатьох захворюваннях органів травлення їжі необхідним стає використання різноманітних ферментних препаратів, наприклад, солізму — ліпази з *Pen. solitum*, сомілази — комплексу ліпаз з *Pen. solitum* і α -амілази з *Bac. subtilis*, а також орази на основі комплексу протеолітичних та літичних ферментів з *Asp. oryzae*. Однією з причин низької ефективності ферментів заміної терапії недостатності травлення їжі є їх інактивація в шлунково-кишковому тракті, особливо під впливом кислого вмісту шлунку та температури [1]. Для захисту фермента від цього впливу проведено модифікацію амілолітичного фермента водорозчинним сополімером вінілпірролідона та акролеїна [2]. Але форми, які утворюються, легко гідролізуються в кислому середовищі, внаслідок чого інактивуються в умовах шлунково-кишкового тракту.

Відомі також способи заключення ферментів в шлунковонерозчинний матеріал з метою захисту останніх [3]. Деякі вчені негативно ставляться до такого методу стабілізації біологічно-активних речовин, що пояснюють зниженням їх біологічної доступності, повільним розчиненням оболонки. Внаслідок цього можливе затримання лікувальної форми в шлунку до моменту, коли їжа вже залишила його [4].

Попит на ферменти заміної терапії, який все зростає, стимулює дослідження, пов'язані з розробкою більш стійких до інактивації форм. У цьому аспекті актуальним є пошук нових матриць для іммобілізації.

Сьогодні не викликає сумніву позитивний вплив харчових волокон (ХВ) на роботу шлунково-кишкового тракту, в зв'язку з чим розглядаються питання створення продуктів, які містять ХВ, для лікувального та профілактичного харчування. Крім цього, ХВ, які складаються з полісахаридів (целюлоза, геміцелюлози, пектинові речовини), а також лігніну та пов'язаних з ними білкових речовин, характеризуються високорозвиненою поверхнею та поліелектролітними властивостями [5]. Але до цього часу використання ХВ для іммобілізації не набуло розвитку, що, можливо, пов'язано з наявністю неоднозначних даних про пригнічення ХВ активності деяких ферментів травлення їжі, наприклад, ліпази, амілази, діастази [6].

Для орази при ваговому співвідношенні ХВ: фермент 1:0,2, гідромодулі 10, температурі 20 °С, часу іммобілізації 6 годин залишається 20,5 % протеолітичної та 23,2 % амілолітичної активностей. Для нігедази оптимальними умовами зберігання ліполітичної активності (8,5 %) виявились такі ж параметри при ваговому співвідношенні ХВ: фермент 1:0,1, гідромодулі 20.

Гідроліз казеїну і крохмалю, який проводився в колонному режимі, свідчить про стійкість отриманих препаратів. Показано, що ораза, яка іммобілізована на ХВ таким чином, веда гідроліз 1 %-го розчину крохмалю (швидкість 10 мл/год) з періодом напівінактивації 12 днів, а гідроліз 0,2 %-го розчину казеїну (швидкість 7,5 мл/год) — з періодом напівінактивації 20 годин.

З використанням методів математичної статистики намагались оцінити можливу залежність протеолітичної та амілолітичної активностей іммобілізованої на ХВ орази від структурних характеристик та біополімерного складу ХВ. Для цього було проведено кислотну обробку останніх протягом різних відрізків часу. В результаті отримано препарати ХВ з різним вмістом полісахаридів, які легко гідролізуються (1,4—34,5 %), які важко гідролізуються (34,5—56,78 %), лігніну (19,1—39,4 %), білка (2,05—10,87 %), які відрізняються середнім радіусом порів ($23,52\text{—}27,01 \times 10^{-10}$ м) та питомою поверхнею (125,26—168,58 м²/г). На таких зразках було проведено адсорбцію орази при оптимальних умовах. Показано, що на протеолітичну активність максимально впливає вміст білка в ХВ, а залежність її від структурних характеристик ХВ незначна.

Кращі результати отримано при закріпленні ферментів на ХВ з допомогою поліетиленоксиду (ПЕО). Для орази має місце комплексне зберігання як протеолітичної, так і амілолітичної активностей (73—75 % вихідної протеолітичної та 80—85 % амілолітичної активностей). При опроміненні препаратів дозою 2,5 кГр зберігається 60 % протеолітичної та 90 % амілолітичної активностей. Для нігедази зберігається 80 % ліполітичної активності, а після стерилізації — 76 % вихідної активності.

Препарати іммобілізованих ферментів стійкі при зберіганні. Після витримання при температурі 4 °С протягом одного року вони зберігають майже 100 % своєї активності.

З метою отримання комплексного препарату провели сумісну іммобілізацію орази та нігедази на ХВ. Показано, що в розчині ферментів присутність орази негативно впливає на проявлення активності нігедази. При сумісній іммобілізації орази та нігедази на ХВ такий вплив зникає, спільно іммобілізовані препарати відрізняються зберіганням 47,2 % протеолітичної, 94,8 % амілолітичної та 98,7 % ліполітичної активності, після стерилізації має місце комплексне зберігання протеолітичної (47,1 %), амілолітичної (98,9 %) та ліполітичної (93,6 %) активностей.

Отримані препарати відрізняються підвищеною стійкістю в кислому середовищі (рис. 1, 2, 3). Якщо для нативної орази рН-оптимум протеолітичної активності 5,5, то для іммобілізованої він значно розширений (4,5—6,5) і зміщений в кислу область значень рН до рН 4,5 (рис. 1). Для амілолітичної активності (рис. 2) рН-оптимум нативного препарату 6,0, тоді як іммобілізованого 5,0. рН-оптимум ліполітичної активності іммобілізованої з ПЕО нігедази також розширений (рН 7—9) у порівненні з нативним (рН 8) та адсорбованим на ХВ препаратом (рН 7,5) (рис. 3).

Нативна ораза при 37 °С і рН 3 повністю втрачає протеолітичну активність протягом 50 хвилин, іммобілізована ораза зберігає 88 % активності протягом 150 хвилин і 25 % вихідної протеолітичної активності протягом 5-ти годин інкубації його в таких умовах.

Моделюючи поведінку іммобілізованих препаратів в організмі, розглянули активності іммобілізованих форм орази в середовищі шлункового соку. При іммобілізації орази з використанням ПЕО та стерилізації зберігається 62,3 % амілолітичної і 49,8 % протеолітичної активностей протягом двох годин інкубації, для адсорбованої орази в тих самих умовах зберігання складає 25,2 % амілолітичної та 17,4 % протеолітичної активностей відповідно, при цьому нативна ораза цілком втрачає активність протягом 10 хвилин (табл. 1).

Таким чином, іммобілізація ферментів заміної терапії недостатності травлення їжі з використанням ПЕО та стерилізації на ХВ дозволяє отримати препарати, які відрізняються стабільністю при кислих значеннях рН, при зберіганні, стійкістю до впливу опромінення, що дозволяє вважати перспективним їх дальше вивчення в аспекті використання для лікувального та профілактичного харчування.

Таблиця 1

Зберігання ферментативної активності іммобілізованих препаратів орази
(% від вих.) в шлунковому соці

Час інкубації, хв.	Зберігання ферментативної активності, % від вих.			
	протеолітичної		Амілолітичної	
	адсорб. форма	іммоб. форма	адсорб. форма	іммоб. форма
30	52,2	88,7	60,2	90,8
60	30,5	69,0	48,4	76,4
120	17,4	49,8	25,2	62,3
180	3,8	24,2	10,7	45,4
240	—	10,2	5,9	23,1
300	—	5,7	—	8,2

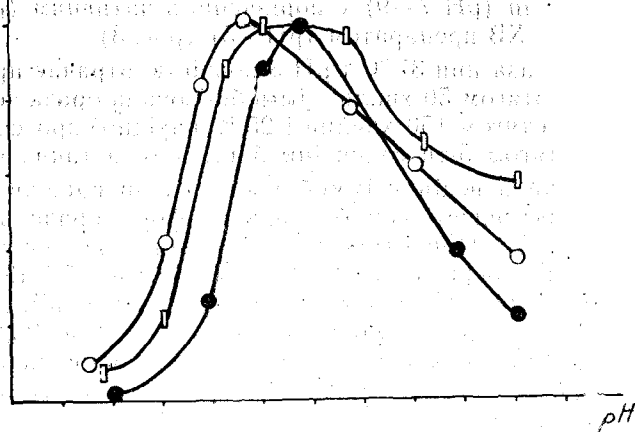
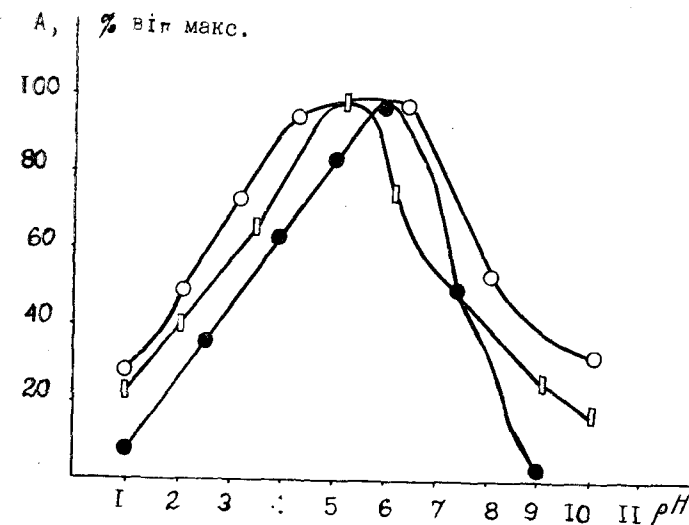


Рис. 1. Залежність протеолітичної активності орази від pH:

1 — нативний препарат; 2 — адсорбована на ХВ ораза; 3 — іммобілізована з використанням ПЕО ораза.

По осі ординат — протеолітична активність, % від максимальної.
По осі абсцис — pH Na-фосфатного буфера.



Мал. 2

Рис. 2 Залежність амілолітичної активності орази від pH:

1 — нативний препарат; 2 — адсорбована на ХВ ораза; 3 — іммобілізована з використанням ПЕО ораза.

По осі ординат — амілолітична активність, % від максимальної.
По осі абсцис — pH Na-фосфатного буфера.

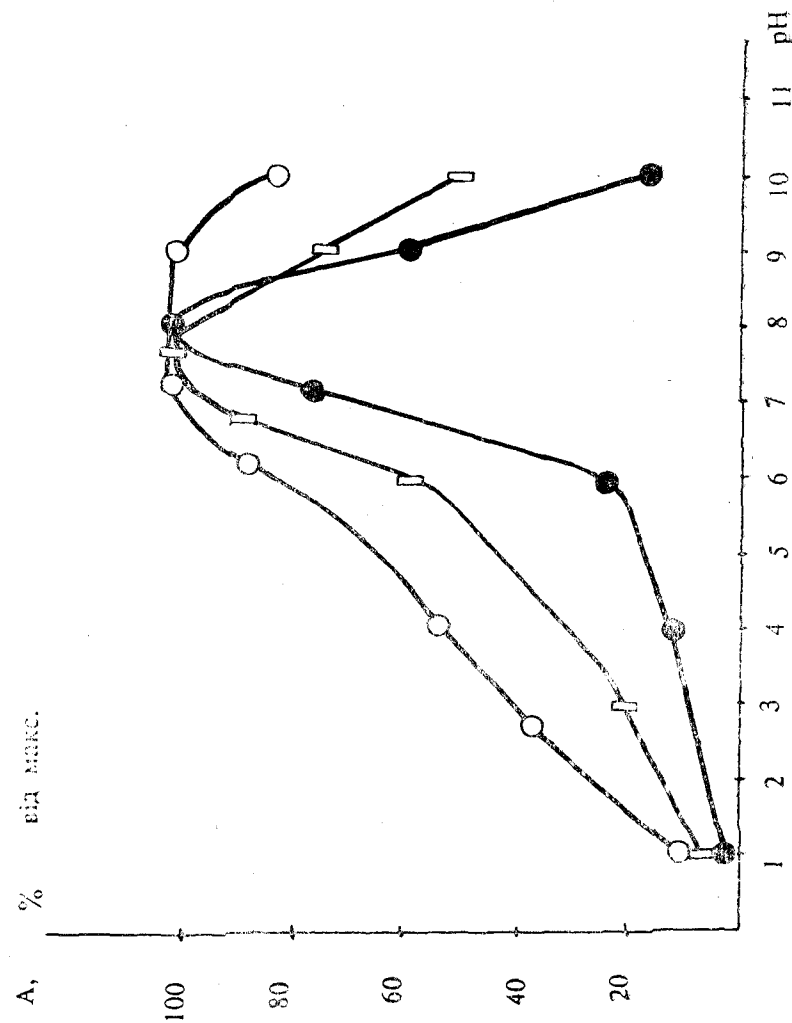


Рис. 3. Залежність ліполітичної активності нігедази від pH:

1 — нативний препарат; 2 — адсорбована на ХВ нігедаза; 3 — іммобілізована з використанням ПЕО нігедаза.

По осі ординат — ліполітична активність, % від максимальної.
По осі абсцис — pH Na-фосфатного буфера.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чижигов Д. В., Беляев О. А. Лекарственные формы ферментов для заместительной терапии недостаточности пищеварения / Обзор. информ. — М.: ВНИИСЭНТИ Минмедбиопрома СССР. — 1988. — Вып. 6. — 36 с.
2. А. с. № 1041567 (СССР). Способ получения водорастворимого протеолитического комплекса / Чудар В. С., Перконе С. Я., Арен А. К., Скуя С. П. и др. — Оpubл. в Б. И. — 1986. — № 12.
3. Айсина Р. Б. Микрокапсулированные пищеварительные ферменты для пивоваренного применения / Тез. докл. V Всесоюз. симп. по инженерной энзимологии (получение и применение в народном хозяйстве и медицине). Олайн. — 1985. — С. 133.
4. А. с. № 1024087 (СССР). Способ получения таблеток ферментов / Чижигов Д. В., Щелков И. А., Тепляева Б. В. и др. — Оpubл. в Б. И. — 1983. — С. 5.
5. Черно Н. К., Адамовская К. Д., Лебецкая Л. Л. Полисахарид-лигнинные комплексы нетрадиционного для пищевой промышленности сырья и их свойства // Химия древесины. — 1991. — № 3. — С. 49—54.
6. Лукина Г. Д. Переваримость липидов в присутствии ПВ / Тез. докл. обл. межвузовской науч.-практ. конф. «Социально-экономические и научно-технические проблемы агропромышленного комплекса». — Одесса, 1989. — С. 225.

ПЕРСПЕКТИВИ ПЕРЕРОБКИ ВТОРИННОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

О. Р. Духаніна, Л. В. Капрельяни, Ю. Д. Чамова, С. М. Кобелева

Використання біотехнологічних засобів при виробництві їжі та кормів є одним із найбільш перспективних напрямків технічного прогресу. Висока активність і строга субстратна специфічність роблять ферменти ідеальними каталізаторами в процесах біоконверсії рослинної сировини, дозволяють шляхом цільової модифікації компонентів сировини створювати біологічно повноцінні продукти та харчові добавки із заданими функціональними властивостями.

Нами розроблено ферментативну технологію біотрансформації пшеничних висівок, яка дає змогу створити набір збагачувачів і добавок для харчової промисловості. Пшеничні висівки пропонується фракціонувати і шляхом дальшої ферментативної модифікації біополімерів одержувати продукти із спрямованими функціональними характеристиками. Технологія дозволяє отримати висококонцентровані білки, крохмаль та їх модифіковані форми, передбачає повне використання утворених побічних продуктів.

У роботі використовували комплекс ферментних препаратів амілолітичної, протеолітичної і целюлолітичної дії. Обмежений ферментативний гідроліз білка висівок мікробними протеазами дав змогу виробити білкові збагачувачі з підвищеною розчинністю і жироемульгуючою властивістю. Гетерогенний ферментативний каталіз пшеничного крохмалю амілазами дозволив одержати вуглеводні добавки з підвищеною здатністю до гелеутворення. В резуль-

таті ферментативного оцукрювання нерозчинного залишку висівок целюлазами отримано харчові підсолоджувачі та легкозасвоювані кормові продукти. Завдяки використанню ферментних препаратів вирішено питання підвищення виходу кінцевих продуктів.

Розроблені способи та режими біомодифікації [1, 2] дозволили відпрацювати технологічні заходи одержання харчових добавок і комбінованих продуктів різноманітного призначення й широкого асортименту: білкові збагачувачі, підсолоджувачі, зв'язуючі речовини, стабілізатори, емульгатори, харчові волокна, загусники, інтенсифікатори смаку й запаху, заміники жирів та ін.

Висока харчова цінність білкових концентратів зв'язувати воду й жир зумовлює можливість використання їх у складі продуктів, що мають ці компоненти [3]. У зв'язку з дефіцитом м'ясної сировини часткова заміна його рослинним білком при виробництві м'ясо-продуктів є доцільною, оскільки дає змогу заощаджувати сировину і створювати комбіновані продукти високої харчової цінності. Одним з напрямків досліджень було ЕОМ-конструювання січених напівфабрикатів із білковим збагачувачем.

Доцільність використання білкових концентратів було перевірено на модельних дослідах з фаршами зі свинини та яловичини, результати досліджень подано в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика м'ясного фаршу з білковим концентратом

Найменування	Величина, рН	Водозв'язуюча здатність, %	Втрати при термічній обробці, %
Фарш із яловичини	5,99	68,74	27,75
з 5 % пасти	5,85	68,13	27,98
з 10 % пасти	5,79	67,11	28,54
з 15 % пасти	5,58	66,28	21,91
з 20 % пасти	5,49	65,32	29,84
Фарш зі свинини	5,65	63,87	30,71
з 5 % пасти	5,56	53,63	30,98
з 10 % пасти	5,48	53,08	31,55
з 15 % пасти	5,41	52,35	32,29
з 20 % пасти	5,36	51,43	33,86

Аналізуючи результати, слід зазначити, що використання білкової пасти, яка має рН 4,2—4,5 (консервант — сорбінова кислота), призводить до зниження рН з 5,99 до 5,49 у фарші з яловичини і з 5,65 до 5,36 — у свинині, що видбивається на величині водозв'язуючої здатності. На величину водозв'язуючої здатності впливає також і та обставина, що білки пасти характеризуються більш низькою спроможністю утримувати вологу, ніж білки м'яса. Тому, чим

більше рівень заміни м'яса пастою, тим нижча водозв'язуюча здатність фаршу.

Встановлено, що в дослідних зразках при максимальному рівні заміни м'яса пастою водозв'язуюча здатність нижча, ніж у контрольному зразку на 2,5—3,5 %. Одержані дані корелюють з виходом фаршу після теплової обробки — втрати при цьому складають відповідно 30 і 34 %.

Одержані дані дозволили орієнтовно встановити рівень заміни м'яса при виробництві напівфабрикатів. Котлети готували відповідно до вимог діючої технологічної інструкції [4] в об'єднанні № 1 ТГХ Київського району м. Одеси. За контроль брали котлети «домашні». В дослідні зразки пасту вводили в кількості 5; 10; 15 і 20 %, що відповідає заміні 2,5; 5; 7,5 і 10 % м'ясної сировини. Оцінювали котлети за органолептичними й фізико-хімічними показниками відповідно до вимог ДГСТ [5]. Результати досліджень подано в табл. 2.

Таблиця 2

Результати дегустаційної оцінки якості комбінованих напівфабрикатів

Котлети	Органолептичні показники
«Домашні»	Форма котлети овальна, поверхня рівномірно панірована сухарним борошном, без ламаних кінців, золотисто-коричневого кольору, запах і смак властиві котлетам, фарш добре перемішаний, консистенція соковита, нелама
З заміною 2,5 % м'ясної сировини	Те ж саме, консистенція дещо соковитіша й ніжніша
З заміною 5 % м'ясної сировини	Те ж саме, консистенція соковита, ніжна, нелама
З заміною 7,5 % м'ясної сировини	Те ж саме, відчувається присмак пасти, консистенція дуже соковита й ніжна
З заміною 10 % м'ясної сировини	Те ж саме, явно відчувається смак пасти, не властивий котлетам

Сенсорна оцінка якості комбінованих напівфабрикатів виявила, що зразки котлет із застосуванням білкової пасти на заміну 2,5 і 5 % м'яса за органолептичними показниками не поступаються контролю, відрізняючись більш ніжною й соковитою консистенцією. З підвищенням маси пасти консистенція стає ніжнішою, але відчувається смак пасти, не властивий котлетам.

Поряд з цим вважали доцільним вивчити ступінь відповідності розроблених напівфабрикатів вимогам теорії адекватного і збалансованого харчування. Критерієм оцінки вибрали 23 показники якості, які включають незамінні амінокислоти, мінеральні елементи, вітаміни, насичені, полі- і мононенасичені жирні кислоти, хар-

чові волокна і енергетичну цінність. Враховуючи складність поставленої задачі, будували її математичну модель, для вирішення використовували метод нелінійного програмування.

Вводили матрицю А, вектори-стовпці Д і Х:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} d \\ \vdots \\ d_m \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

Кожний і-тий елемент j-того стовпця матриці А виражає відсоток і-тої хімічної речовини в j-тому продукті (компоненті напівфабрикату) ($i=1, m; j=1, 2, 3$). Елементи вектора-стовпця Д являють собою оптимальний вміст компонентів суміші.

Елементи вектора Х являють собою: x_1 — масова доля І компонента в напівфабрикаті; x_2 — масова доля ІІ компонента; x_3 — масова доля ІІІ компонента.

На x_1, x_2, x_3 накладаються обмеження:

$$b_1 \leq x_1 \leq b_4, \quad b_2 \leq x_2 \leq b_5, \quad b_3 \leq x_3 \leq b_6,$$

де b_i ($i=1, 6$) — const (сталі), при цьому повинні виконуватись такі умови: $x_1 + x_2 + x_3 = 30$ (30 г — маса котлети).

Для рішення задачі необхідно побудувати вектор нев'язки $(A \cdot X - D)$ (відхилення рішення, яке шукаємо від точного):

$$(A \cdot X - D) = \begin{pmatrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 - d_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 - d_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 - d_m \end{pmatrix}.$$

При цьому вектор нев'язки повинен бути якомога менший. Елементи вектора нев'язки можуть мати різні знаки, тобто рішення, яке шукаємо, може бути більше за точне, або менше нього. Тому здійснюють мінімізацію не самої нев'язки, а її норми чи питомого відхилення:

$$\min_{x \in \rho} \|A \cdot X - D\| = \min_{x \in \rho} F(x_1, x_2, x_3) = \min_{x \in \rho} \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^3 (a_{ij} \cdot x - d_i)^2 \right)},$$

де ρ — область здійснення рішення при вказаних обмеженнях.

В табл. 3 наведено дані по величинам показників еталону (добова потреба організму в харчових речовинах і енергії) і контролю (котлети, які вироблені за існуючою технологією), а також ступінь відповідності (%) вмісту показників напівфабрикатів з різною концентрацією білкової пасти еталону і контролю.

Наведені дані показують, що із збільшенням рівня заміни основної сировини (свинини і яловичини) білковою пастою, дослідні зразки котлет характеризуються збільшенням, в порівнянні з контролем, вмістом незамінних амінокислот, вітамінів В₁ і РР.

Таблиця 3

Комплексний показник якості напівфабрикатів

Показники	Еталон, г	Контроль, г	Котлети з білковою пастою, вміст пасти (%)					
			5		10		15	
			% до еталону	% до контролю	% до еталону	% до контролю	% до еталону	% до контролю
Ізолейцин	2,35	0,29	38,65	110,52	42,34	121,04	45,65	130,51
Лейцин	4,39	0,69	42,03	136,70	53,32	173,40	63,47	206,43
Лізин	3,24	0,52	48,97	112,23	54,30	124,46	59,11	135,47
Метіонін	3,05	0,29	22,65	175,64	32,39	251,28	41,17	319,36
Фенілаланін	3,76	0,58	35,73	195,45	53,18	290,91	68,89	376,82
Треонін	2,51	0,33	37,08	127,61	45,11	155,22	52,33	180,07
Триптофан	0,58	0,16	64,13	188,25	94,19	276,51	121,25	355,93
Валін	2,94	0,53	47,40	144,48	61,99	188,96	75,12	228,99
Енергетична цінність, кДж	1092,00	352,92	105,87	101,99	107,94	103,99	107,79	105,78
Харчові волокна	25,00	2,39	33,80	93,89	31,60	87,78	29,62	82,23
Насичені жирні кислоти	11,00	1,69	56,76	90,30	50,67	80,61	45,19	71,88
Мононенасичені жирні кислоти	20,00	2,07	38,25	90,22	34,11	80,44	30,37	71,65
Поліненасичені жирні кислоти	5,00	0,46	32,32	94,50	30,44	89,01	28,75	84,06
Холестерин	0,18	0,01	30,00	90,00	26,67	80,00	23,67	71,00
Калій	5,44	0,09	5,77	96,54	5,57	93,08	5,38	89,98
Кальцій	1,08	0,01	4,64	91,27	4,20	82,54	3,80	74,69
Магній	0,50	0,01	8,00	93,02	7,40	86,04	6,86	79,77
Фосфор	1,63	0,04	8,73	97,47	8,59	96,94	8,47	95,57
Залізо	0,02	0,0006	12,50	90,00	11,11	80,00	9,86	71,00
Вітамін В ₁	0,0027	0,0001	9,44	102,00	9,62	103,99	9,79	105,80
Вітамін В ₂	0,0032	0,00001	4,53	96,67	4,37	93,33	4,23	90,33
Вітамін С	0,0600	0,0025	15,15	90,00	13,46	80,00	11,95	71,00
РР	0,6280	0,0010	11,07	103,33	11,42	106,67	11,75	109,66

Відзначається тенденція зниження масової долі насичених, моно- і поліненасичених жирних кислот і холестерину, причому ступінь зниження поліненасичених кислот незначна.

Таким чином, введення білкової пасти при виробництві напівфабрикатів дозволяє регламентувати біологічну і енергетичну цінність продукту. Однак, зважаючи на сенсорну оцінку котлет з білковою пастою, слід вважати оптимальною і рекомендувати в промисловість добавку в напівфабрикати білкового збагачувача не вище 7,5 % заміни основної сировини.

На закінчення слід відмітити, що розроблений метод математичного моделювання, використана програма розрахунків на ЕС 1035 дозволяють отримувати продукт із оптимізованими з позиції адекватного і збалансованого харчування складом і регламентованою енергетичною цінністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Применение ферментов при комплексной переработке зерна /Л. В. Капрельянц, А. Ю. Килимник, А. Р. Духанина, Н. А. Родионова // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Достижения биотехнологии — агропромышленному комплексу». — Черновцы, 1991. — Т. 1. — С. 166.
2. Капрельянц Л. В., Духанина А. Р., Селич Е. Ф. Белковые модифицированные продукты из зерновых // Тез. докл. IV Всесоюз. конф. «Разработка комбинированных продуктов питания». — Кемерово, 1991. — Разд. 3. — С. 17—18.
3. Духаніна О. Р. Харчовий білковий збагачувач // Харчова і переробна пром-сть. — К., 1992. — № 8. — С. 21.
4. Сборник рецептур, блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. — М.: Экономика, 1982. — 425 с.
5. Журавская Н. К., Алехина Л. Т., Отряшенкова Л. М. Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов. — М.: Агропромиздат, 1983. — 296 с.

СТВОРЕННЯ ТА РОЗРОБКА НОВОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ, ТЕОРІЇ, МЕТОДІВ ЇХ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННЯ; АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ ТЕХНІКОЮ ТА ФАХІВЦЯМИ

О. К. Гладушняк, Л. Г. Гросул

Невідкладним завданням розвитку переробних галузей народного господарства України в умовах переходу до ринкової економіки є задоволення потреб населення в продовольчих товарах за рахунок раціональної організації роботи великих державних підприємств, а також створення та економічного укріплення нових кооперативних, колективних або індивідуальних фермерських господарств, малих підприємств, арендних та приватних перероблюючих виробництв.

Ефективна діяльність фермерських господарств по переробці сільськогосподарської продукції безпосередньо на місцях вирощування сировини можлива тільки при умові використання досягнень науково-технічного прогресу та передових методів організації праці, впровадження прогресивних безвідходних технологій, широкого технічного оснащення їх малогабаритним устаткуванням автономного призначення та укомплектування висококваліфікованими фахівцями в формі кадрового супроводження наукових та технічних розробок.

Малогабаритне переробне устаткування та безвідходні технології автономного використання мають забезпечити можливість оперативного регулювання обсягів виробництва, підтримувати необхідну якість та змінювати асортимент продукції відповідно до вимог і попиту на продовольчі товари. Призначена для сучасного сільськогосподарства переробна техніка повинна відповідати жорстким вимогам використання її в умовах малих приватних, колективних або кооперативних фермерських господарств по виробництву продовольства. Найважливішими з цих вимог слід вважати:

агрегативність — комплексна компоновка механізмів, технологічного обладнання та транспортних пристроїв на загальній рамі або основі для організованого виконання послідовно всіх технологічних операцій по переробці сировини в готову продукцію;

блочність — конструктивна обособленість або технічна самостій-

ність окремих функціональних елементів, які допускають заміну на елементи другого призначення при переналадці агрегату на переробку іншої сировини або виготовлення нової продукції;

адаптивність — задоволення вимог фермерських господарств, різних за умовами експлуатації та обсягом виробництва, якістю і асортиментом продукції;

автономність — можливість використання малогабаритного устаткування незалежно від наявності іншої техніки, допоміжних пристроїв та механізмів;

мобільність — пристосованість малогабаритного устаткування для перевозок в зібраному вигляді на загальновідомих видах автомобільного, залізничного або морського транспорту та виконання такелажних робіт за допомогою широко розповсюджених вантажно-розвантажувальних механізмів загального призначення;

універсальність — пристосованість до переробки різних видів близької по властивостям і призначенню сільськогосподарської сировини та забезпечення можливості реалізації нових технологій і прогресивних технологічних операцій.

Відсутність такого устаткування, особливо на фермерських підприємствах по переробці зерна, овочів і фруктів, є стримуючим фактором в розвитку переробних галузей сільського господарства, негативно впливає на процес насичення ринку конкурентоздатними продовольчими товарами, харчовими продуктами та кормами. Усунення згаданих недоліків вимагає негайних дій і зусиль по розробці, виготовленню та впровадженню спеціалізованих агрегатів, блочних установок, високоефективних пристроїв та малогабаритних машин і апаратів для переробки сільськогосподарської сировини в фермерських господарствах безпосередньо на місцях її вирощування.

Кваліфіковане рішення питань технічного оснащення фермерських господарств, поряд з розробкою нових видів устаткування, вимагає підготовки фахівців для його експлуатації, підвищення практичного досвіду молодих спеціалістів шляхом:

переведення учбового процесу на індивідуальні плани підготовки молодих спеціалістів на договірній основі по замовленням зацікавлених фермерських господарств;

орієнтації студентів на вивчення конкретних умов, обставин та можливостей переробки сільськогосподарської сировини безпосередньо на фермерських підприємствах в періоди виробничих практик;

розширення участі та підвищення активності студентів у науково-дослідній роботі по створенню, виготовленню та впровадженню у виробництво нових видів устаткування;

залучення майбутніх випускників до проектно-конструкторської роботи та виконання у курсових та дипломних проектах інженерних завдань, що мають практичну цінність;

направлення молодих спеціалістів з одночасною передачею виконаних ними проектів на зацікавлені фермерські підприємства в формі кадрового супроводження науково-технічних розробок при впровадженні їх у виробництво.

Запропонований комплексний підхід дозволить в найкоротші строки забезпечити як створення нової техніки для фермерських господарств, так і своєчасну підготовку висококваліфікованих кадрів з практичними навиками її експлуатації та обслуговування.

Використання професійно підготовлених робітників та малогабаритного устаткування в переробних галузях народного господарства України дозволить: зменшити витрати сировини при її транспортуванні, зберіганні та переробці; скоротити обсяги робіт та витрати на вантажно-розвантажувальні і транспортно-складські операції; раціонально використовувати на місцях відходи виробництва; зменшити матеріальні та енергетичні витрати на виробництво готової продукції; наситити ринок конкурентоздатними продовольчими товарами за рахунок місцевих ресурсів; оперативно реагувати та швидко задовольняти попит населення по обсягам, якості та асортименту продовольчих товарів.

РОЗРОБКА НОВИХ СХЕМ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ І КОНСТРУКЦІЙ АПАРАТІВ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*М. Д. Захаров, О. С. Тітлов, Н. В. Рева, С. І. Лозовський,
С. В. Вольневич, В. В. Завертанний*

Аналіз споживчого ринку в Україні показує, що попит на холодильники не задовольняється на 20 відсотків (при раціональній нормі 112 шт. на 100 сімей), а по морозильникам — на 85 відсотків (при раціональній нормі 1 шт. на 1 сім'ю). При цьому забезпеченість сільського населення побутовою холодильною технікою на 20—30 відсотків нижче, ніж у місті.

Печі, які використовуються для теплової обробки харчових продуктів — переважно періодичної дії, без систем автоматичного контролювання, з високим рівнем споживання енергії, зокрема електричної [1]. Усе це робить їх неекономічними та незручними у експлуатації. Потреба у апаратах для термічної обробки та збереження сировини і харчових продуктів буде зростати у зв'язку з тим, що в Україні закладається нова соціально-економічна система, передбачаючи збільшення долі приватної власності в усіх сферах виробництва. З'являються справжні стимули для піднесення престижу селянського образу життя і підвищення добробуту сільських трудівників, приватизація землі приведе до появи великої кількості дрібних сільськогосподарських ферм і підприємств по первинній пере-

робці сировини, виготовленню харчової продукції. Така структура виробництва обумовлює необхідність створення специфічного обладнання для термічної обробки і збереження харчових продуктів, спроможного виключити невинновисокі втрати сировини та напівфабрикатів.

Аналіз температурних режимів термічної обробки і збереження харчових продуктів показує, що для більшості технологій і видів продукції діапазон складає від мінус 18 до 100 °C [2, 3].

При розробці нової побутової техніки і формуванні споживчого ринку слід урахувати і такий немаловажний фактор, як вартість продукції.

У найближчий час холодильники, морозильники і СВЧ-печі вітчизняного та закордонного виробництва по цінах, у 50—200 разів перевищують потреби на мінімальний прожитковий мінімум, практично недоступні основній частині населення.

Вирішити задачу скорішого насичення споживчого ринку в Україні дешевою побутовою технікою має змогу виробництво абсорбційно-дифузійних холодильних апаратів (АДХА). Витрати на їх виготовлення на 40—50 відсотків нижчі порівняно з компресійними моделями. Відсутність у конструкціях АДХА рухомих елементів підвищує їх надійність, збільшує ресурс. Можлива робота на неелектричних джерелах живлення (природний газ, дизельне паливо, газ, бензин, біогаз, сонячне проміння, вихлопні гази ДВГ та інше). Відсутні проблеми з озонобезпечністю і шкідливим впливом на навколишнє середовище при розгерметизації [4]. Функціональну схему АДХА наведено на рис. 1.

Охолодження і заморожування продуктів здійснюється відповідно у холодильній камері (ХК) при температурі $t_{\text{ХК}}$ і в низькотемпературному відділенні (НТВ) при температурі $t_{\text{НТВ}}$. Діапазон температур: $t_{\text{ХК}}$ = мінус 3...12 °C; $t_{\text{НТВ}}$ = мінус 18...мінус 6 °C. При реалізації холодильного циклу АДХА у традиційному варіанті — тільки з режимами охолодження, заморожування і збереження — теплоти реактивації (Q_R), конденсації (Q_K) і абсорбції (Q_A) відводяться до навколишнього середовища з температурою $t_{\text{в.с.}}$ без використання на господарські потреби. Поряд з тим, фізичні принципи, закладені в основу роботи АДХА, зокрема, наявність фазових переходів у хладагенті при ректифікації і абсорбції, дозволяють здійснювати тепловий вплив на зовнішній об'єкт з температурним потенціалом від 165 °C (вхід парової суміші у ректифікатор) до 30 °C (вихід парогазової суміші із абсорбера) [5].

Розробниками вивчено різні аспекти використання непридатного тепла при реалізації холодильного циклу АДХА.

По-перше, це різні види технологічної обробки сировини та харчових продуктів [6]:

а) короткочасна при температурі 72...75 °C і подовжена при температурі 63...65 °C пастеризація молока;

- б) бродіння дріжджового тіста $t=30 \dots 32^\circ\text{C}$;
- в) сушіння яблук, груш, абрикосів, сливи, дині, інжира та інших $t=40 \dots 70^\circ\text{C}$;
- г) сушіння яловичного м'яса $t=60 \dots 80^\circ\text{C}$;
- д) сушіння та в'ялення риби $t=\text{до } 35^\circ\text{C}$;
- е) сушіння лікарських рослин $t=30 \dots 80^\circ\text{C}$;
- ж) розм'ягчення масла та маргарину при виготовленні тіста $t=33 \dots 35^\circ\text{C}$.

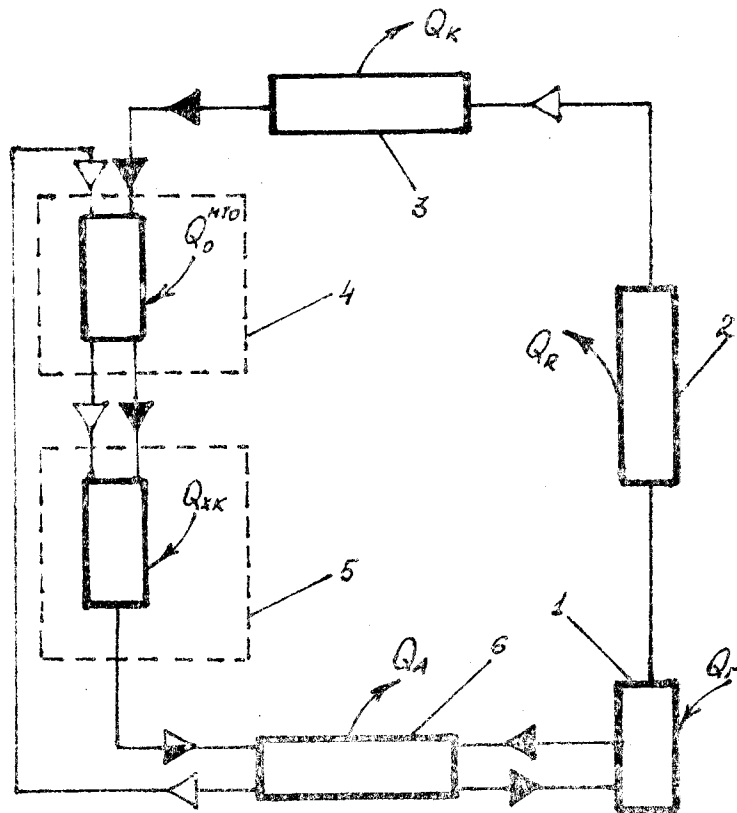


Рис. 1. Функціональна схема АДХА:

1 — генератор; 2 — ректифікатор; 4 — НТВ; 5 — ХК; 6 — рідинний теплообмінник.

По-друге, це підігрів і термостатування води і інших харчових рідин та напівфабрикатів.

Стосовно до цих задач розроблено і виготовлено експериментальні зразки двофункціональних апаратів на базі серійного абсорбційного холодильника АШ-150 типу «Кристалл». На рис. 2 зобра-

жено загальний вид моделі для технологічної обробки харчових продуктів, а на рис. 3 — моделі для теплової обробки рідин.

У експериментальних зразках передача теплоти у додаткову камеру, призначену для здійснення технологічних процесів або термостатування і розташовану у верхній частині фаши, відбувається з допомогою випарювального термосифона (ВТС). Корисний об'єм камери — 40 дм^3 , довжина ВТС — 1400 мм , діаметр (внутрішній) — 8 мм , матеріал корпусу — нержавіюча сталь, теплоносії — етиловий спирт.

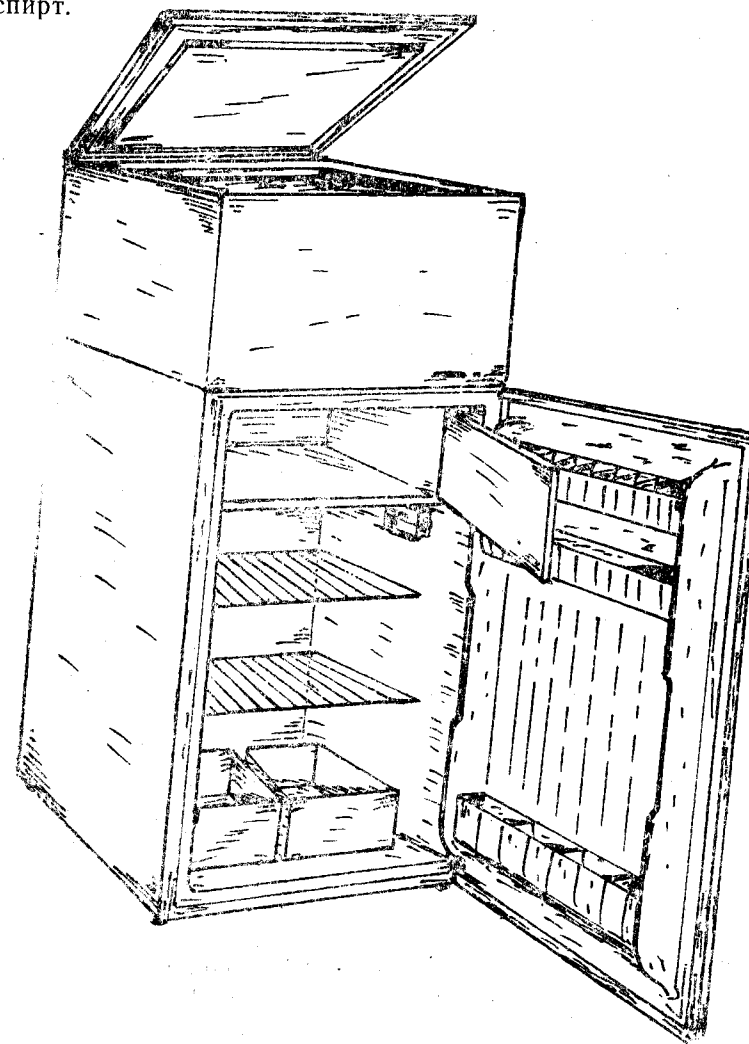


Рис. 2. Комбінований апарат для технологічної обробки харчових продуктів

Проведені випробування показали, що наявність додаткової камери не погіршує температурно-енергетичні характеристики апарата як холодильника. Температура у НТВ базової моделі не перевищувала мінус 12°C , у ХК — не вище 5°C , енергоспоживання — не більше $1,63 \text{ кВт}\cdot\text{ч/доба}$. Тобто, дотримувались вимоги ГОСТ 16317—87. Вихід на температурний режим $55 \dots 60^{\circ}\text{C}$ першої моделі (рис. 2) здійснюється за 2,0—2,5 години, а другої (рис. 3) — за 8—9 годин.

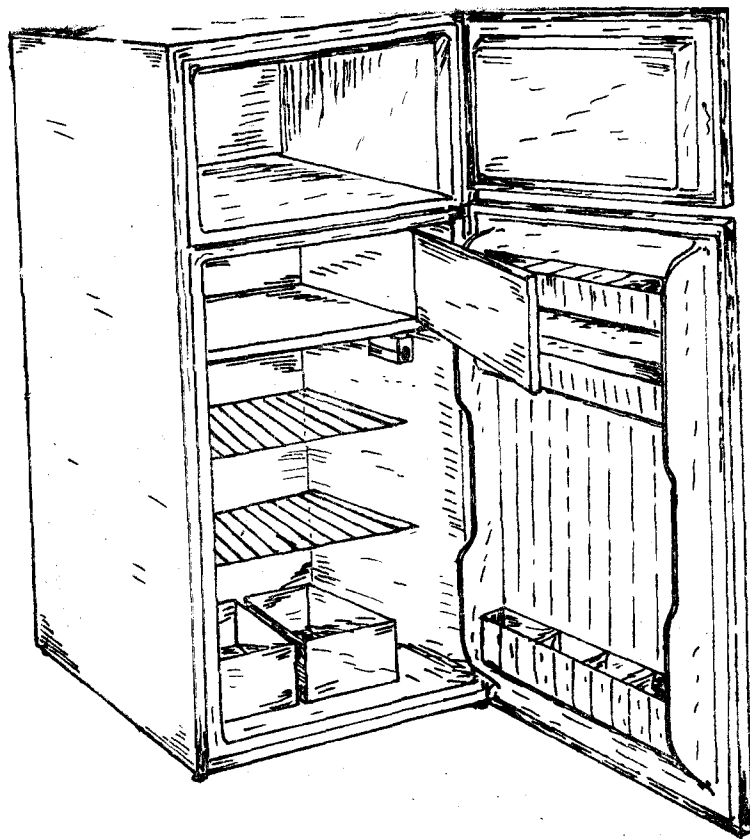


Рис. 3. Комбінований апарат для теплової обробки рідинних продуктів та сугриву води

У процесі розробки нових апаратів було виконано самостійні дослідження по оптимізації конструкції теплового зв'язку у зоні контакту теплообмінних елементів і вибору теплоізоляційних матеріалів для температурного рівня $150 \dots 220^{\circ}\text{C}$. В обох випадках вико-

ристовувався високопористий піздрюватий матеріал (ВПНМ), добутий порівняно недавно втіленим у світову практику методом дублювання полімерної матриці [7]. Вузол зв'язку виготовлено з пластичного ВПНМ з каркасом на основі міді з певною початковою пористістю і товщиною.

При встановленні теплообмінних елементів і стисненні ВПНМ наповнював повітряні прошарки, створені за рахунок неплотності, непаралельності і різниці геометричних форм (контакт циліндра і площини). За попередніми оцінками ВПНМ на основі кераміки має не тільки добрі теплоізоляційні характеристики, але є технологічним при складанні апарата в умовах серійного виробництва.

Теплофізичні характеристики ВПНМ вивчено недостатньо, рекомендації по його використанню як міжконтактного наповнювача (каркас — мідь) і теплоізоляційного покриття (каркас — кераміка) на цей час відсутні.

Вивчення теплофізичних характеристик ВПНМ з різними каркасами проводилось на основі розробленої експрес-методики для нестационарних умов підігріву та охолодження.

Проведені дослідження дали змогу оптимізувати вузол зв'язку у зоні контакту труб випарювача АДХА та стінки НТВ і ХК. Ефективна теплопровідність у міжконтактному просторі за рахунок використання ВПНМ з міді досягала $8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$ на відміну від повітряного прошарку з коефіцієнтом теплопровідності $0,03 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$.

Визначено параметри ВПНМ із кераміки (пористість не нижче 96 відсотків), використаних для теплоізоляції генераторів АДХА. Застосування їх з цією метою підвищує технологічність складання агрегатів за рахунок виключення операції ручної набивки ізоляції, що поліпшує умови праці робітників — відпадає потреба у мінеральній ваті, яка є шкідливою для здоров'я людини.

Особливої актуальності у теперішній час набуває вирішення проблеми довгострокового низькотемпературного збереження (до $10 \dots 12$ місяців при температурі мінус 18°C) продукції тваринного і рослинного походження.

Побутова техніка, що випускається в Україні, не дозволяє здійснювати тривале збереження великих кількостей харчових продуктів. Місткість морозильної камери компресійної моделі «NORD» не перевищує 40 дм^3 .

На кафедрі ТХТ проведено дослідження по оптимізації температурно-енергетичних режимів циклів АДХА і їх елементів. З врахуванням досвіду закордонних і вітчизняних розробок базову модель випарювача виготовлено по схемі трьохпоточного теплообмінника (рис. 4). До складу теплообмінника-випарювача входить труба рідкого аміаку 1, зв'язана у тепловому відношенні з трубою випарювача 2. Коаксально у випарювачі вставлено канал очищеної парагазової суміші 3. На внутрішній поверхні труби випарювача зроблено радіальні капілярні канавки 4. Рідкий аміак, що надхо-

дить під дією гідростатичного тиску у верхню частину випарювача, зтікає протитечією у нижню частину. У капілярних канавках за рахунок сил поверхневого натягу струмок рідкого аміаку розтягується по усьому периметру випарювача. Аміак із струмка та каналок випарюється у парогазову суміш завдяки різниці парціальних тисків у потоці і у поверхні рідинної плівки. Процес випарювання супроводжується зниженням температури, яке визначається умовами тепло- і масообміну між аміаком і сумішшю, її ступенем очистки, кратністю циркуляції ПГС, геометричними характеристиками випарювача і елементів теплообмінника.

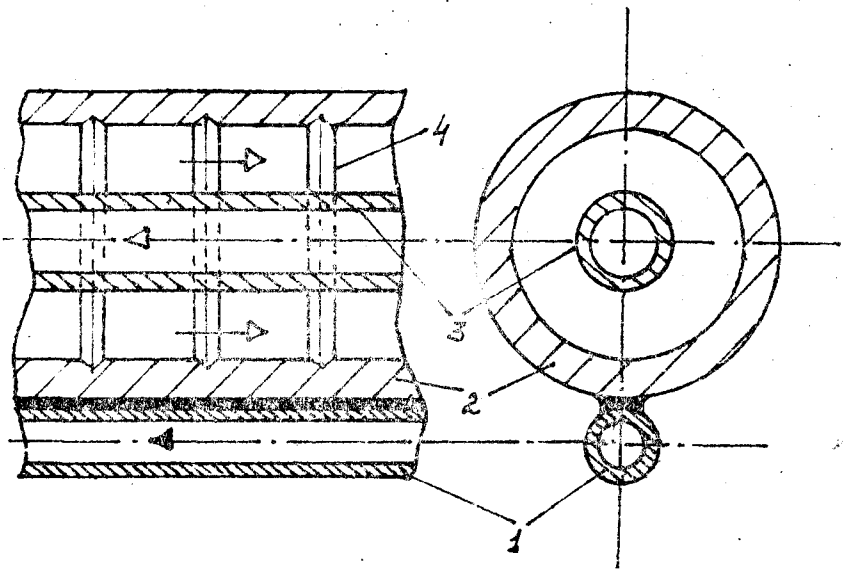


Рис. 4. Схема трьохпоточного теплообмінника-випарювача:
1 — канал рідини аміаку; 2 — випарювач; 3 — канал парогазової суміші; 4 — радіальні канавки

Важливим завданням є оптимізація циклів холодильних машин. Для широко застосовуваної у холодильній техніці водоаміачної суміші у літературі представлено розрахункові рівняння, що дозволяють визначити необхідні для цього термодинамічні властивості. Але теоретично обґрунтовані співвідношення, запропоновані А. Г. Долотовим [8] (Санкт-Петербург), а також рівняння А. А. Заторського [9] (Одеса) — громіздкі (азймають значний об'єм оперативної пам'яті ПЕОМ) і незручні для розрахунків реальних циклів АДХА. Ці ж проблеми виникають при використанні табличних довідкових даних. Слід відзначити також, що охоплення існуючими ко-

реляціями діапазон параметрів при розрахунках циклів на 85 відсотків не використовується. Тому на основі даних А. Г. Долотова одержано прості локальні двопараметричні залежності для розрахунків теплофізичних властивостей водоаміачної суміші, діючих у двох діапазонах тиску: від 0,01 до 0,16 мПа та від 2,0 до 3,0 мПа для масових концентрацій рідини 0,06...0,40.

Погрішність опису табличних довідкових даних не перевищує 0,2 відсотка. При оптимізації АДХА змінними параметрами були: склад інертного газу (водень, гелій або їх суміш), початкова концентрація парогазової суміші, тиск інертного газу, ступінь очищення парогазової суміші на вході у випарювач.

Результати оптимізаційних розрахунків використано для створення вперше у світовій практиці абсорбційного морозильника-скрині з корисним об'ємом 180 дм³ (рис. 5). Дослідний зразок має

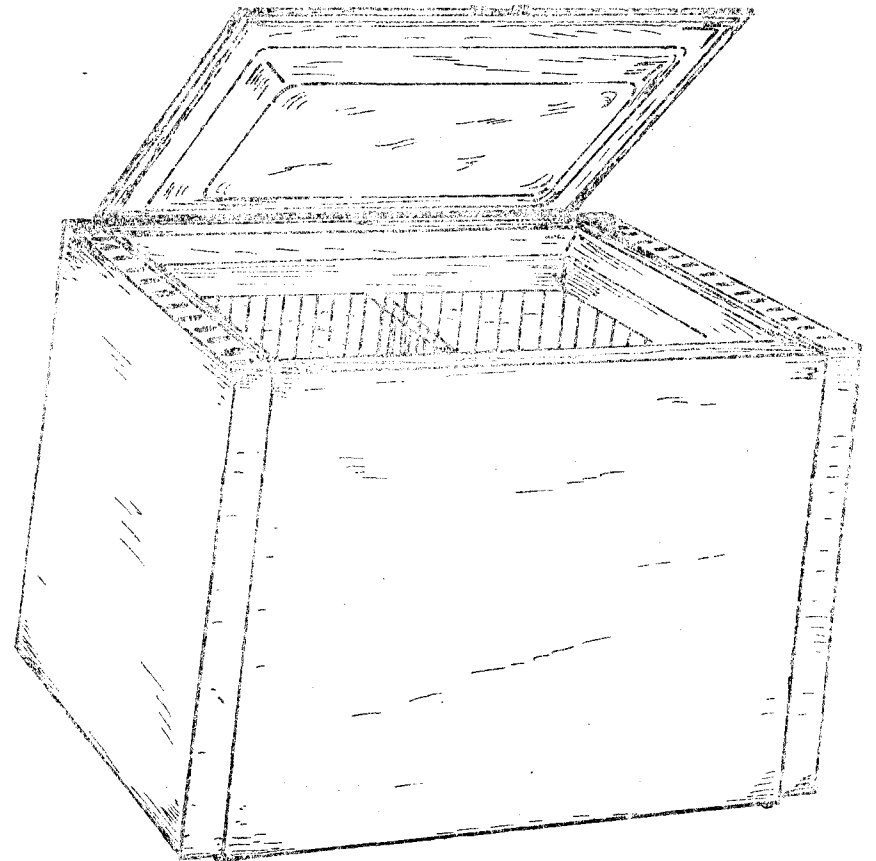


Рис. 5. Абсорбційний морозильник типу «скриня»

два АДХА, встановлених на бокових стінках і закритих фальшпанелями. Проведені лабораторні випробування показали високі технічні та експлуатаційні характеристики: при температурі навколишнього повітря 32 °С у корисному об'ємі температура не перевищувала мінус 19,2 °С, у режимі інтенсивного охолодження досягала мінус 43,6 °С.

Розроблено також дві моделі транспортних абсорбційних холодильників типу «Київ» АШ-35 УХЛ 4.2 SN* (рис. 6, 7). Вони допускають використання одного з трьох джерел живлення: постійного струму 12 В та 24 В, змінного струму 220 В, газових нагрівників.

Закладені у технічні рішення моделей конверсійні технології (стиснуваний ВПНМ) та оригінальні конструкції елементів дозволили розробити апарати, які за технічними характеристиками перевершують найкращі світові зразки, наприклад, модель STL 175 виробництва «Sibig» (Швейцарія).

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондарь Е. С., Кравцевич В. Я. Современные электроприборы и машины. — М.: Машиностроение, 1987. — 224 с.: ил.
2. Применение холода в пищевой промышленности: Справочник /И. Б. Гисин, Н. А. Гришина, В. И. Гусятников и др. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 272 с.: ил.
3. Чернышев В. Ф., Хоменко Н. Ф., Титлов А. С., Вольневич С. В. Новые конструкции АБХ //Холодильная техника. — 1991. — № 12. — С. 12—13.
4. Лепаев Д. А. Ремонт бытовых холодильников: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Легпромбытиздат, 1989. — 304 с.: ил.
5. Исследование возможности использования сбросового тепла серийного абсорбционного холодильника типа АШ-150 для функционирования дополнительной нагревательной камеры /Титлов А. С., Вольневич С. В., Рева Н. В., Рыбников М. В., Завертаный В. В., Гришина Л. Б., Косенко Н. В.: Одес. технол. ин-т пищ. пром-сти. — Одесса, 1992. — 24 с.: ил. — Рус. — Деп. в ВИНТИ 29.06.92, № 2097-B92.
6. Использование тепловой камеры комбинированного абсорбционного холодильника для обработки пищевых продуктов /Чайковский В. Ф., Тележенко Л. Н., Тельных Э. Я., Вольневич С. В., Титлов А. С.: Одес. технол. ин-т пищ. пром-сти. — Одесса, 1991. — 22 с.: ил. — Библиогр. 4 назв. — Рус. — Деп. в УкрНИИТИ 02.07.91, № 949-Ук91.
7. Исследование эффективной теплопроводности высокопористой ячеистой керамики, используемой в качестве генераторов АДХА /Рева Н. В., Титлов А. С., Вольневич С. В., Рыбников М. В., Порозова С. Е., Рабинович А. И.: Одес. технол. ин-т пищ. пром-сти. — Одесса, 1993. — 18 с.: ил. — Рус. — Деп. в ВИНТИ 15.03.93, № 62-B93.
8. Долотов А. Г., Березин А. Н. Исследование процесса абсорбции в абсорбционно-диффузионной холодильной машине //Холод. техника. — 1980. — № 7. — С. 20—24.
9. Заторский А. А. Алгоритмы расчета параметров узловых точек циклов абсорбционных водоаммиачных холодильных машин //Хим. и нефт. машиностроение. — 1978. — № 8. — С. 18—19.

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КРУПИ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Л. Г. Гросул

Однією з головних задач розвитку переробних галузей народного господарства України в умовах переходу до ринкової економіки є задоволення потреб в продовольчих товарах за рахунок роботи великих державних підприємств, а також шляхом створення і економічного зміцнення нових кооперативних, колективних та індивідуальних підприємств, фермерських господарств, малих приватних і орендних переробних підприємств. Ефективна діяльність фермерських господарств можлива за умов оснащення їх пристосованим для автономного використання малогабаритним технологічним устаткуванням, що здатне забезпечувати можливість широкого регулювання обсягів виробництва та асортименту готової продукції стосовно змінам попиту на неї. Відсутність такого устаткування та відповідних технологій виробництва продовольчих товарів із сільськогосподарської сировини безпосередньо на місцях її вирощування є стримуючим фактором в організації та становленні фермерських переробних підприємств.

Серійно виготовлене устаткування для переробки зерна, яке призначається для великих високопродуктивних підприємств з розвиненими схемами технологічних процесів, невідгодно використовувати для технічного оснащення фермерських господарств, тому необхідно створити малогабаритне обладнання для виробництва крупи із зерна злакових і круп'яних культур.

Потрібні обсяги виробництва крупи можуть бути визначені виходячи з добового її споживання, що орієнтовано складає 40 г. Щоб забезпечити цим продуктом декілька населених пунктів, де, беручи загалом, може проживати до 25 тисяч чоловік, при експлуатації одного крупорушального агрегату необхідно виробляти до 1000 кг крупи за добу. Таким чином, при середньому виході крупи 65 %, добова переробка зерна досягає 1540 кг. Враховуючи необхідність в резерві виробничих потужностей при однозмінній роботі крупорушального агрегату, доцільно встановити його потужність до 1,6 т/змін, що забезпечить річний обсяг переробки 480 т зерна. У цьому випадку один агрегат для виробництва пшеничної крупи потужністю $Q_{пкр}=200$ кг/г дає можливість переробити зерно, вирощене (при середній врожайності 30 ц/га) на 160 гектарах. Один агрегат для виробництва гречаної крупи потужністю $Q_{гр}=200$ кг/г переробить зерно, вирощене (при середній врожайності 15 ц/га) на 320 га. Запропонована потужність зернопереробних агрегатів дає можливість використання їх як одним фермерським господарством, так і спільно кількома підприємствами.

Існуючі технології виробництва крупи передбачають етапи очистки зерна від домішок, водно-теплову підготовку, безпосередньо переробку та формування готової продукції. Обсяг реалізації приведених етапів визначається розвиненістю схеми технологічного процесу. Беручи до уваги особливості кожного етапу та враховуючи вимоги до малогабаритного устаткування, слід вважати доцільним виконання його на окремих агрегатних установках-блоках, комплексне використання яких дає можливість зібрати необхідну лінію для виробництва крупи. Визначаючим елементом в таких лініях вважається агрегатна установка для реалізації основного етапу — безпосередньо переробки зерна.

Аналіз технологічного процесу на етапі переробки зерна дозволяє виділити окремі стадії його реалізації: сепарування, лушення (обрушування), подрібнення (при необхідності), шліфування, полірування та видалення відходів. Враховуючи показники якості та підвищення попиту на крупні крупи, стадії подрібнення та полірування доцільно виконувати тільки при переробці зерна окремих культур. Головні стадії лушення зерна та шліфування ядра здійснюються шляхом послідовного виконання однотипних операцій: перше лушення та виділення відходів; друге те ж саме; перше шліфування та виділення мучки і т. д. Виконання всіх операцій передбачається на однотиповому устаткуванні, яке переналагоджується на необхідні режими відповідно конкретним вимогам. Ці обставини дають можливість використання циклічної організації технологічного процесу в малогабаритних крупорушальних агрегатах, оснащених універсальними лущильно-шліфувальними машинами та сепараторами з можливістю переналадки їх на необхідні режими для почергового виконання передбаченої послідовності технологічних операцій.

У відповідності з призначенням головної операції технологічного процесу виробництва крупи — лушенням зерна, спрямованим на відділення покривних тканин з поверхні ядра, продовольче зерно різних культур умовно розподіляють на дві групи (з міцними та слабкими зв'язками між оболонкою і ядром), переробка яких можлива тільки на машинах, що відрізняються за принципом дії. Серед культур з міцними зв'язками найбільш широко використовується пшениця, ефективне лушення зерна якої забезпечується шляхом довготермінового обтирання його абразивними робочими органами. Типовим представником культур із слабкими зв'язками оболонки з ядром є зерно гречки, і його обрушування виконується досить ефективно при короткочасному зрушенні.

Відмічена різниця в структурно-механічних властивостях зерна обумовлює необхідність використання в циклічній схемі його переробки різного за принципом дії устаткування.

Уніфікована агрегатна установка для переробки зерна пшениці складається (схема а) з ємності 1 для надходячого зерна, абразив-

но-дискової лущильно-шліфувальної машини 2, повітряного сепаратора 3, оперативного бункера 4 та вертикально-транспортного пристрою 5. Замкнений цикл обробки досягнуто шляхом багаторазового повернення в систему всіх проміжних продуктів, за винятком відходів. Зерно, що надходить, завантажується в ємність 1, і перше лушення виконується пропуском його через лущик 2 та повітряний сепаратор 3 в оперативний бункер 4. Друге лушення проводиться наступним пропусканням частково обробленого зерна через те ж устаткування в звільнену ємність 1, яка надалі виконує функції оперативного бункера. Послідовна обробка всього продукту із кожного бункера дозволяє чітко встановити необхідну кількість пропускання його через систему та підтримувати однаковий ступінь обробки. В процесі послідовного обтирання та сепарації операції лушення зерна пшениці і зменшення кількості оболонок поступово переходять в операції шліфування ядра і повторюються до одержання крупи, яка відповідає поставленим до неї вимогам.

Загальна потужність крупорушального агрегату для переробки зерна пшениці обмежується лущильно-шліфувальною машиною, пропускна потужність якої Q при заданій ефективності обробки повинна забезпечити необхідну кількість проходів через робочу зону одного і того ж продукту за одиницю часу з послідовним виділенням відходів. Так реалізація будь-якого i -того проходу супроводжується введенням в систему продуктів попереднього $i-1$ проходу

$$Q_{n^{i-1}} = Q(1-aE)^{i-1},$$

які складаються із нелущеного зерна, лущеного ядра та шліфованої крупи. При цьому зерно підлягає частковому лушенню, ядро проходить перше шліфування, а крупа шліфується повторно. Після i -того проходу одержують продукти

$$Q_n^i = Q(1-aE)^i$$

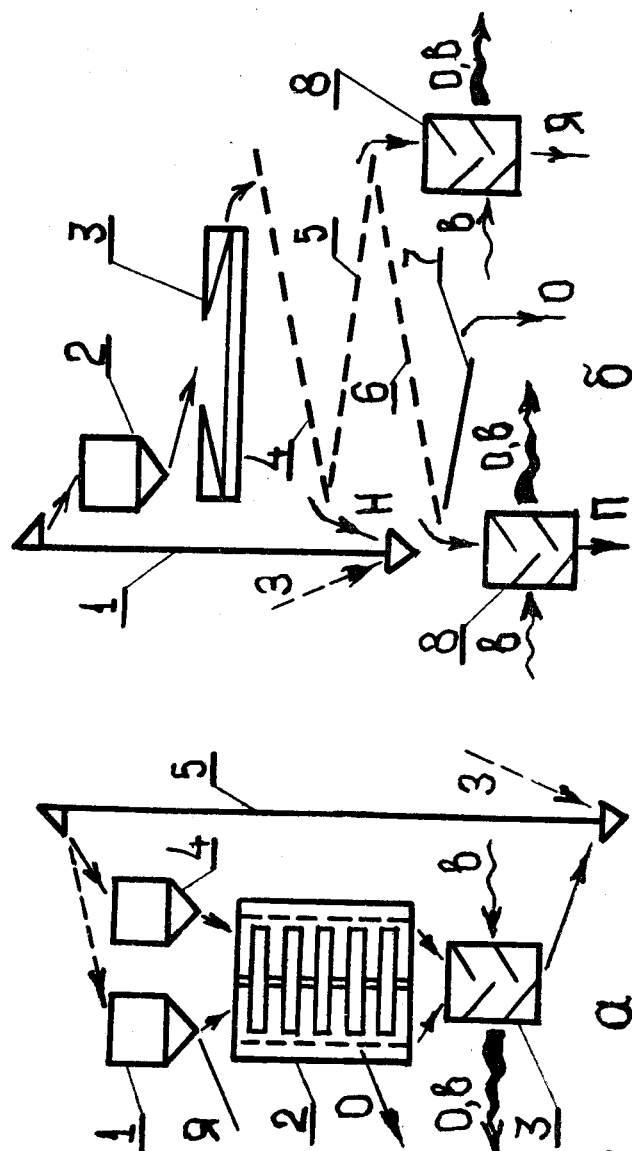
у вигляді суміші з новим співвідношенням компонентів:

$$\begin{aligned} \text{нелущеного зерна } Q_n^i &= Q(1-E)^i; \\ \text{лущеного ядра } Q_o^i &= Q(1-a)(1-E)^{i-1}E; \\ \text{відходів обробки } Q_a^i &= Q(1-aE)^{i-1}aE; \\ \text{шліфованої крупи } Q_{ш}^i &= Q(1-aE)[(1-aE)^{i-1} - (1-E)^{i-1}], \end{aligned}$$

де: Q — кількість надходячого зерна, введенного в циклічну обробку;

a — відносний вміст оболонок в надходячому зерні;

E — ефективність відділення покривних тканин від ядра,



Схеми циклічної переробки зерна [3] в крупу ядрицю (Я) та прохід П
О — відходи обробки; В — повітря; Н — необруш

$$E = \frac{a - a_0}{a};$$

a_0 — відносний вміст покривних тканин після одноразової обробки зерна.

Однотимчасне виконання операцій лушення та шліфування обумовлює одержання відходів обробки у вигляді суміші, яка включає:

кормові відходи (оболонки) $Q^i_k = Q(1-E)^{i-1}aE$;

мучку (ендосперм) $Q^i_m = Q[(1-aE)^{i-1} - (1-E)^{i-1}]aE$.

Прирівнюючи допустимий нормами виходу крупи необруш (наприклад, 0,9 %) до кількості нелущеного зерна в продуктах після i -того проходу при відомій ефективності обробки

$$0,009Q = Q(1-E)^i,$$

одержують можливість розрахувати необхідну кількість пропускання для виготовлення крупи, яка відповідає встановленим вимогам

$$i = \frac{\ln 0,009}{\ln (1-E)} = n.$$

Аналіз одержаного виразу та результатів розрахунків (табл. 1) свідчить, що кількість проходів знаходиться в обернено пропорційній залежності від ефективності обробки та допустимого вмісту необрушу в крупі. Підвищення ефективності дії лушлильно-шліфувальної машини обумовлює зменшення необхідної кількості проходів, забезпечуючих одержання крупи відповідної якості.

Таблиця 1

Розрахунки кількості проходів та продуктивності лушлильно-шліфувальної машини $Q_{пр}$ і обрушувальної машини $Q_{об}$

E	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
n	13,21	9,22	6,79	5,14	3,91
$Q_{пр}$, кг/г	2208	1568	1176	908	705
$Q_{об}$, кг/г	667	500	400	334	285

Визначивши загальну кількість продуктів

$$Q_c = \sum_{i=1}^n Q^i_n = Q \frac{1 - (1-aE)^n}{aE},$$

які пройшли через лушлильно-шліфувальну машину продуктивністю Q за n проходів, можна встановити термін їх послідовної обробки

$$\tau = \frac{Q_c}{Q} = \frac{1 - (1-aE)^n}{aE}$$

та розрахувати необхідну продуктивність крупорушального агрегату для переробки пшениці в цілому

$$Q_{\text{пкр}} = \frac{Q}{\tau} = \frac{QaE}{1 - (1 - aE)^n}$$

Таким чином, для забезпечення необхідної продуктивності всього агрегату в цілому $Q_{\text{пкр}}$ лушильно-шліфувальна машина повинна мати потужність

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{пкр}} \frac{1 - (1 - aE)^n}{aE}$$

Одержані результати розрахунків (при заданому значенні $Q_{\text{пкр}} = 200$ кг/г) свідчать (табл. 1), що підвищення ефективності дії машини обумовлює зниження необхідної їй продуктивності.

Особливістю переробки круп'яних культур (наприклад, гречки) в крупу є необхідність сепарації зерна на фракції по крупності, що обумовлено принципом дії обрушувальної машини та конструкцією її робочих органів. При цьому кожна фракція обробляється на окремому обрушувальному пристрої з можливістю повернення на повторну обробку тільки необрушеного зерна.

Лінія переробки конкретної фракції зерна гречки в крупу (схема б) складається з вертикально-транспортного пристрою 1, ємності змішувача 2, ситового сепаратора з приймальним 4, калібрувальним 5, підсівним 6, ситами та піддоном 7, а також повітряного сепаратора 8. Зерно, що надходить, навантажується в ємність 1, звідки воно дозованим потоком направляється в обрушувальний пристрій 3 і обробляється під дією стискуючих та зрушуючих зусиль. Одержана суміш продуктів обробки подається на ситовий сепаратор, де сходом сита 4 відбирається необрушене зерно, схід сита 5 складається з обрушеного ядра (ядриця) та лузги, а схід сита 6 — подрібнене ядро (проділ) в суміші з лузгою. Прохід сита 6 — кормова мучка — збирається піддоном 7 та виводиться з лінії. Ядриця та проділ проходять через повітряний сепаратори 8, позбавляються лузги та виводяться як готова крупа або направляються на шліфування.

Необрушене зерно після першого проходу (схід сита 4) повторно підіймається вверх, завантажується в ємність — змішувач 2 і в суміші з надходячим зерном подається на друге обрушування.

Наявність в схемі замкнутого циклу з рециркуляцією тільки необрушеного зерна обумовлює необхідність відповідного збільшення потужності обрушувального пристрою по відношенню до потужності гречерушального агрегату в цілому, що проявляється в період пуску лінії та виходу устаткування на стабільний режим. Так, при першому проході зерна через обрушувальний пристрій його пропускна спроможність дорівнює продуктивності агрегату в цілому.

$$Q^I = Q_{\text{гпр}},$$

а в продуктах обробки залишається частина необрушеного зерна, з якого формується рециркуляційний потік

$$Q^I_{\text{р}} = Q_{\text{гпр}}(1 - E),$$

де E — ефективність обрушення зерна.

Другий прохід рециркулюючого зерна разом з новим потоком, що йде, потребує потужність обрушувального пристрою

$$Q^{II} = Q_{\text{гпр}} + Q^I_{\text{р}}$$

і дає доповнення до рециркуляційного потоку

$$Q^{II}_{\text{р}} = Q^I_{\text{р}}(1 - E) = Q_{\text{гпр}}(1 - E)^2.$$

Для третього проходу

$$Q^{III} = Q_{\text{гпр}} + Q^I_{\text{р}} + Q^{II}_{\text{р}} \text{ та } Q^{III}_{\text{р}} = Q^{II}_{\text{р}}(1 - E) = Q_{\text{гпр}}(1 - E)^3$$

і так далі.

Використовуючи приведену методичку, одержуємо можливість записати загальний вираз для розрахунку потужності обрушувального пристрою при будь-якому i -тому проході

$$Q^i = Q_{\text{гпр}} + Q^I_{\text{р}} + Q^{II}_{\text{р}} + Q^{III}_{\text{р}} + \dots + Q^{i-1}_{\text{р}} + \dots = \\ = Q_{\text{гпр}}[1 + (1 - E) + (1 - E)^2 + (1 - E)^3 + \dots + (1 - E)^{i-1} + \dots]$$

Оскільки стабілізація режиму обрушування може бути досягнута при $i \rightarrow \infty$, то, підрахувавши суму ряду

$$\sum_{i=1}^{\infty} (1 - E)^{i-1} = \frac{1}{E},$$

можна одержати вираз визначення пропускної спроможності обрушувального пристрою при відомій ефективності його дії, яка може забезпечити задану продуктивність гречерушального агрегату в цілому

$$Q_{\text{гпр}} = \frac{Q_{\text{гпр}}}{E}.$$

Аналіз результатів підрахунків (табл. 1) свідчить, що необхідна для переробки 200 кг/г зерна гречки в крупу продуктивність обрушувального пристрою знаходиться в зворотній залежності від ефективності його дії.

Використовуючи показник ефективності оброблюючого устаткування, а також вимоги по питомим витратам електроенергії, на реалізацію одного проходу та на обробку одиниці маси продуктів,

конструктор в процесі проектування має змогу встановити обґрунтовані варіанти вибору і розробки елементів агрегатних установок.

Таким чином, проведені дослідження дозволили виявити функціональні підходи, встановити структурний склад, розкрити матеріальні зв'язки між окремими пристроями та обґрунтувати проектні рішення малогабаритних крупорушок для фермерських господарств. Створення такого устаткування, впровадження його у виробництво та експлуатація поряд з великими зернопереробними підприємствами мають забезпечити:

- зменшення втрат зерна при зберіганні та переробці;
- скорочення обсягів робіт та витрат на транспортування зерна і розподіл готової продукції;
- доцільне використання відходів виробництва як кормових добавок;
- зниження витрат на виробництво крупи та зменшення собівартості її виготовлення;
- насичення ринку конкурентоздатною продукцією;
- оперативне реагування та швидке задовільнення попиту по якості, кількості і асортименту крупи.

Поряд з розробкою агрегатних установок у вигляді блоків для реалізації окремих етапів технологічного процесу і наступного формування з них ліній по виробництву крупи на фермерських переробних підприємствах перспективним слід вважати створення подібного устаткування і для індивідуальних фермерських господарств. Таке устаткування може бути значно спростовано за рахунок зниження вимог відносно агрегаткування та блочності конструкції, скорочення та переведення окремих стадій і операцій у розряд ручних робіт. Його розробка можлива в двох напрямках: створення мінікрупорушок для виробництва і відправки в торгівлю малих партій крупи, а також мікротрупорушок — для самозабезпечення виробника, або оперативного виготовлення незначної кількості крупи на замовлення та в присутності споживача.

Розробка вказаного зернопереробного мало-, міні- та мікрогабаритного устаткування поряд з існуючим середньо- та крупногабаритними машинами вимагає системного підходу до визначення їх продуктивності, врахування вимог взаємозаміни, необхідності уніфікації та скорочення кількості типорозмірів обладнання аналогічного призначення. Рішення цих задач одержано шляхом використання ряду $R_{10}(3/1)$ згідно ДЕСТ 8032—84 «Переважні числа та ряди переважних чисел», створеного від геометричної прогресії $Q=3q^{n-1}$. Послідовність членів такого ряду є рекомендованими продуктивностями як існуючого так і розробленого устаткування. Рекомендована продуктивність (кг/г) устаткування складає для типорозмірів: мікрогабаритне — 3; 6; 12; мінігабаритне — 24; 50; 100; малогабаритне — 200; 400; 800; середньогабаритне — 1500; 3000; 6000; 12 000; крупногабаритне — 24 000; 50 000; 100 000.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СКЛАДІВ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВАНТАЖООБРОБКИ

Е. Й. Жуковський, В. О. Чабаров

Методи розрахунків, що використовуються зараз при проектуванні транспортно-складських систем (ТСС) зводяться до трьох характерних видів аналітичних моделей. Перша модель відтворює явища прибуття та переробки штучних вантажів як детерміновані. З структури моделей та вхідної інформації випливає, що вантажопотоки за надходженням на протязі доби приймаються рівномірними, а продуктивність обслуговуючих механізмів вважається постійною, що суперечить реальності [1].

Друга модель також відтворює процес складської вантажообробки як детермінований, але в структуру залежності введено добові чи місячні коефіцієнти, що дозволяють в деякій мірі врахувати нерівномірність надходження вантажопотоків та роботи обслуговуючих механізмів. Однак величини поправочних коефіцієнтів змінюються в широких межах і не враховують стохастичність процесів на протязі доби, що служить головною причиною утворення черг перед приймальними та відпускними експедиціями (ПЕ та ВЕ) складів. До того ж не існує наукових рекомендацій відносно використання наведених коефіцієнтів.

Аналіз функціонування складів з позицій системного підходу дозволяє віднести їх до складних систем масового обслуговування (СМО). В зв'язку з цим третя модель передбачає використання апарату теорії масового обслуговування [3].

Загальною рисою розглянутих моделей є незначне число можливих станів, а також те, що характеристики ТСС визначають рішенням системи лінійних рівнянь. Труднощі виникають при зростанні числа станів. В цьому випадку визначають можливість зведення системи рівнянь до систем відомого виду, для яких розроблено більш ефективні алгоритми обчислень. Якщо ж не вдається спростити систему, необхідно звернутися до методів статистичного чи імітаційного моделювання.

З метою більш детального ознайомлення з запропонованим методом заслуговує на увагу автоматизована система імітаційного моделювання (АСУМ) [3]. В результаті декомпозиції складської системи на підсистему управління поточно-транспортною системою (ПТС) сформулюємо задачу управління процесами вантажообробки. В умовах нерівномірних впливів на склади у вигляді потоків заявок (транспортних засобів з вантажем на зберігання та вимог на відпуск матеріалів споживачам) важливою є задача управління складськими вантажопотоками як при надходженні, так і при випуску при найменших витратах часу та коштів. З метою моделю-

вання складської системи проведено ідентифікацію ПТС як об'єкта управління (ОУ), що дозволила оцінити стохастичні властивості потоків заявок, визначити параметри потоків. Розроблений алгоритм ідентифікації вказує на необхідність оперативного управління складською системою, що витікає з нестационарності вантажообробки за дисперсією σ_x^2 та квазістационарності за математичним чеканням m_x на протязі доби, часу [4].

Основна задача системи цього класу — встановлення кількісних характеристик функціонування СМО (довжини черги заявок $Z_{\text{чер}}$, кількості обслуговуваних заявок N та інше) та їх залежності від параметрів надходячих потоків та структури самої системи.

Математична модель багатофазної складської ПТС як ОУ, відтворююча динаміку вантажопотоків між фазами, отримує вигляд системи аналітичних залежностей, яка може бути прив'язаною до такого рівняння:

$$Z_{i-n,i}^j(t+\Delta t) = Z_{i-n,i}^j(t) + \lambda_j \Delta t - \mu_i^j \Delta t, \quad (1)$$

де: $Z_{i-n,i}^j(t)$, $Z_{i-n,i}^j(t+\Delta t)$ — довжина черги (число транспортних засобів, вантажодиниць j -го типу) між $(i-n)$ -того та i -того технологічними операціями до моментів часу t та $t+\Delta t$ ($\Delta t > 0$);

λ_j — значення інтенсивностей потоків заявок j -того типу (кількість автомобілів, вагонів, пакетів з вантажем та інше), що впливають на обладнання фази в одиницю часу;

μ_i^j — величина інтенсивності обслуговування (кількість заявок, обслуговуваних за одиницю часу) на i -тій технологічній операції j -того вантажопотоку.

Результати імітаційного моделювання ПТС як ОУ показали, що в умовах нестационарності складських вантажопотоків та «жорсткої» вибраної структури ПТС величина черги транспортних засобів $Z_{\text{чер}}$ змінюється в широкому діапазоні значень (теоретично $Z_{\text{чер}} \in (0, \infty)$).

Стабілізація черги в цьому випадку можлива виключно за рахунок підключення до обробки заявок додаткової (резервної) потужності фаз μ_d — навантажувачів, конвейерів, кранів-штабелерів та інше. Розрахунок μ_d ПТС здійснюється на основі байєсівського підходу [4]. Як свідчать дослідження, для забезпечення нормативного часу обслуговування t_n транспортних засобів необхідно управляти або вхідними потоками, регулюючи величину λ_j , або продуктивністю ПТС складу шляхом варіювання μ_d . Можна також здійснювати комбіноване управління. Постановка задачі управління ПТС з вра-

хуванням приведених [4] принципів побудови складських комплексів формулюється таким чином. Нехай стан складської системи описується управлінням динаміки [1]. Критерієм якості управління виступає залежність

$$\Theta(Z_{\text{чер}}, D_y, C_{\text{пр}}, \rho_j) = C_{\text{пр}} \cdot Z_{\text{чер}} + D_y \cdot P(Z_{\text{чер}}, \rho_j), \quad (2)$$

де: $\Theta(Z_{\text{чер}}, D_y, C_{\text{пр}}, \rho_j)$ — експлуатаційні витрати за одиницю часу, пов'язані з роботою ПТС;

D_y — експлуатаційні витрати на функціонування перованого каналу ПТС за одиницю часу;

$C_{\text{пр}}$ — вартість одиниці часу простою транспортного засобу;

ρ_j — навантаження складської системи;

$P(Z_{\text{чер}}, \rho_j)$ — вірогідність залучення до обслуговування заявок j -того типу додаткового каналу ПТС.

Величина черговості транспортних засобів $Z_{\text{чер}}$ як векторна величина, динаміка компонентів якої описується рівнянням (1), визначається величинами інтенсивностей обслуговування μ_i^j , які прямо пропорціональні числу каналів k .

Потрібно знайти закон управління включенням (виключенням) додаткових каналів k_d ПТС $u(t) \in U$, який мінімізував би критерій (2) за $Z_{\text{чер}}$ при фіксованих D_y , $C_{\text{пр}}$ та ρ_j . Для встановлення порогового (граничного) значення черги $Z_{\text{чер}}$, при досягненні якого наноситься керуючий вплив $u(t)$ з метою зміни перероблюючої потужності μ ПТС, слід виходити з величини нормативної довжини черги Z_n , що визначається кількістю транспортних засобів в черзі, які можуть бути обслуговані за час t_n .

Формула розрахунку настройки керуючої системи складу має вид:

$$Z_n = \lambda_j \cdot t_n \cdot k, \quad (3)$$

де $k = k_0 + k_d$ — кількість основних k_0 та додаткових k_d каналів обслуговування.

Структурну схему системи управління (СУ) складської ПТС зображено на рис. 1. Управління μ_d здійснюється по відхиленню (довжині черги $Z_{\text{чер}}$ та часу обслуговування $t_{\text{обс}}$) з корекцією за збуренням. Значення черги, при якому формується керуючий сигнал з метою включення (виключення) додаткових каналів ПТС, визначається завдатником за формулою:

$$\mu_d = f \left(\frac{\Delta L_{\text{чер}}}{\Delta t_{\text{обс}}} \right) \quad (4)$$

де $\Delta Z_{\text{чер}}$ — відхилення величини $Z_{\text{чер}}$ від нормативу Z_n ,

$$\Delta Z_{\text{чер}} = Z_{\text{чер}} - Z_n;$$

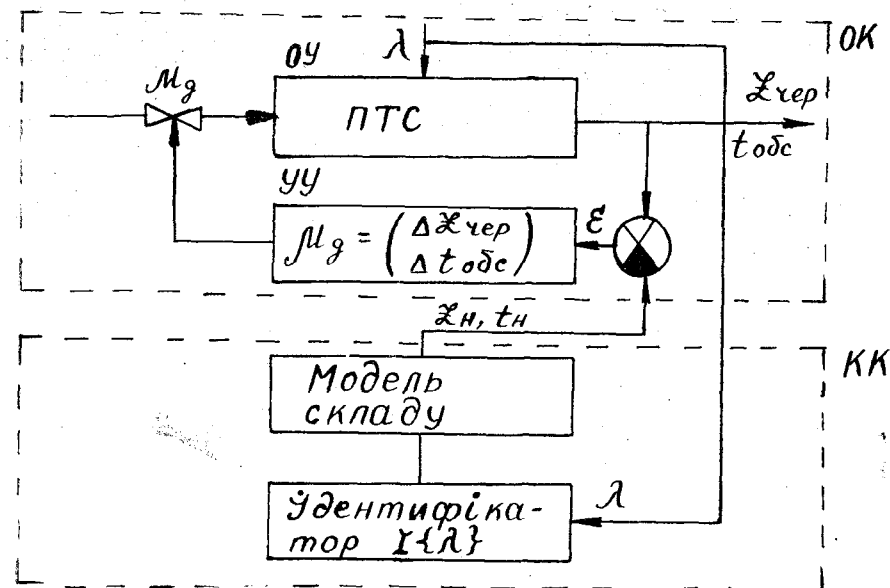


Рис. 1. Структурна схема системи управління ПТС складу:
ОК — основний контур; КК — контур корекції; УУ — управляючий пристрій;
Е — величина розподілення.

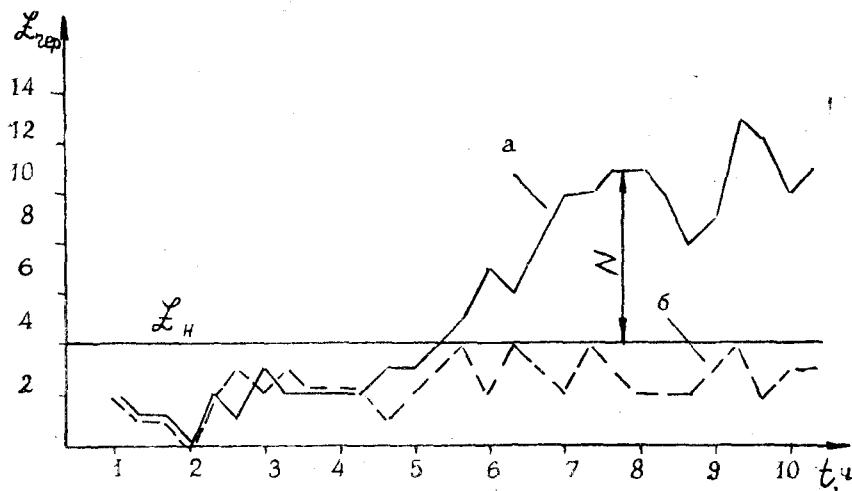


Рис. 2. Динаміка черги на протязі зміни при відсутності (а) та наявності резервного механізму (б).

$\Delta t_{обс}$ — відхилення часу обслуговування $t_{обс}$ транспортних засобів від нормативної величини t_n ,

$$\Delta t_{обс} = t_{обс} - t_n.$$

Розроблені алгоритми управління ПТС складу свідчать про ефективність використовуваного методу управління. Проведено імітаційне моделювання складської системи як СУ з допомогою створеного для цієї мети комплексу програм. Критеріями оцінки якості управління виступають інтегральні (коефіцієнти завантаження та простою технологічного обладнання) та екстремальні (кількість заявок, що обслуговано за наднормативний час, та кількість заявок N , що перевищили величину Z_n).

Як показали дані імітаційних експериментів, динаміка черги транспортних засобів на протязі зміни при відсутності додаткових каналів ($\mu_d = 0$) характеризується тенденцією $Z_{чep}$ росту (а) (рис. 2). При підключенні до обслуговування резервної потужності ПТС μ_d черга $Z_{чep}$ стабілізується та додержується умова $t_{обс} \leq t_n$.

Пряма (б) характеризує рівень нормативної величини черги Z_n при заданому значенні λ .

Модель складської системи перевірено за даними ряду підприємств перероблюючих галузей (пивобезалкогольного комбінату, жиркомбінату, винзаводу). Результати випробувань підтвердили адекватність моделі дослідженим технологічним процесам вантажо-переробки та її високу чутливість до змін величин, що входять в неї.

ВИСНОВКИ

1. Синтез складських комплексів як систем управління дозволяє при нерівномірному характері вантажопотоків практично забезпечити нормативний час обслуговування транспортних засобів.
2. Гарантоване обслуговування транспортних засобів у прийнятно-відпускних експедиціях в умовах нерівномірних навантажень на складську систему досягається шляхом оперативного управління механізмами ПТС, варіювання інтенсивності вантажообробки за рахунок підключення до обслуговування заявок додаткової потужності μ_d фаз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демичев Г. М. Складское, тарное хозяйство и технология транспортно-складских процессов. — М.: Высшая школа, 1975. — 248 с.
2. Маликов О. Б. Проектирование автоматизированных складов штучных грузов. — Л.: Машиностроение, 1981. — 240 с.
3. Жуковский Э. И., Чабаров В. А. Складское хозяйство предприятий Госагропрома и прогрессивные решения при его реконструкции. — М.: АгроНИИТЭИПП. Обзор информации. — Вып. 2. — 1989. — 36 с.
4. Жуковский Э. И., Чабаров В. А. Комплексная механизация и автоматизация складского хозяйства. — Киев: Техніка, 1993. — 120 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ШВИДКІСНОЇ ПРОТИРАЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ М'ЯСОКІСТКОВОГО ГОМОГЕНАТУ ПТАХІВ

О. К. Гладушняк, Г. О. Українець

Велика трудомісткість оброблення м'яса свійської птиці, як сировини для виробництва м'ясних фабрикатів приводить до того, що значна частина цього м'яса реалізується у сирому виді, або у вигляді виробів, які не можуть бути використані в харчі без відходів. У більшості випадків це різновидність кулінарних виробів [1], у виді м'яса на кістках, видалення яких перекладається на споживача. Виготовлення такої продукції базується на використанні некондиційної сировини, а реалізація некондиційної сировини у виді нестандартного або умовно-придатного м'яса птиці супроводжується великими труднощами.

У таких умовах ведуться пошуки нових напрямків механізації відокремлення м'яса від кісток для використання його у виробництві м'ясних напівфабрикатів.

Останнім часом знайшла використання у виробництві механічна обвалка м'яса птиці методом пресування [2]. Обвалка пресуванням має свої недоліки щодо якості одержаної м'ясної маси, та головне — реалізується з допомогою дорогого імпортного обладнання.

Нами досліджено механізовану обвалку, при якій використовують традиційні методи подрібнення тушок потрошеної нестандартної птиці на м'ясорубці, потім на колоїдному подрібнювачі з добавкою солі, льоду і жиру. У такий спосіб одержали м'ясокістковий гомогенат, який розділяли на швидкісній протиральній машині [3]. Принцип роботи машини полягає в протиранні гомогенату через отвори перфорації циліндричного барабану з допомогою обертованих лопатей, закріплених на валу в середині барабана. Робочі параметри машини: відстань між лопатями та внутрішньою поверхнею барабана 0,1 ... 0,2 мм, еліпсність та конусність посадженого в жорсткий каркас сита 0,1 ... 0,2 мм.

Ефективність поділу розцінювали по виходу протертого м'ясного напівфабрикату в переліку на м'ясо по відношенню до основної сировини.

Спочатку було вивчено вплив ступеня попереднього подрібнення на вихід напівфабрикату при поділі. Для цього м'ясний фарш після м'ясорубки обробляли на емульсаторі, пресі MRS-20 і колоїдному млині ФКМ.

Найбільший вихід напівфабрикату було одержано при поділі м'ясокісткового гомогенату, подрібненого на колоїдному млині.

Великий вихід напівфабрикату при розподілі обумовлено більш високим порівняно з іншими машинами диспергуванням сировини.

Таблиця 1

Кратність подрібнення	Вага гомогената, г		Кількість доданої води		Вихід суспензії						Відходи	
	сировини	з льодом	г	%	з водою		в перерахунок на сировину				г	%
					г	%	г	%	г	%		
Однократне	2740	4567	1827	40	3893	85,2	2067	75,4	674	24,6		
Двохкратне	2575	4292	1717	40	3723	86,7	2006	77,9	569	22,1		
Трикратне	1480	2467	987	40	2150	87,2	1163	78,6	317	21,4		

* Примітка: Дані приведені як середній результат трьох замірів, Р=0,5.

Це досить добре виявляється органолептично і було підтверджено гістологічними дослідженнями. При збільшенні долі малих часток в гомогенаті збільшується їх проникнення через отвори сита протиральної машини.

Виходячи з цього було проведено дослідження по підвищенню дисперсності сировини шляхом дво- і трикратного подрібнення м'ясного напівфабриката.

Результати подано в табл. 1.

Дослідження показали невисоку результативність збільшення кратності подрібнення гомогенату на колоїдному млині. Більше того, процес подрібнення супроводжується підвищенням температури гомогенату, що негативно впливає на емульгуючу здатність [4] і на інші показники якості напівфабриката. Навіть при багатократному подрібненні в гомогенаті зберігаються м'які еластичні частки великих лінійних розмірів 5 ... 11 мм з перерізом менше 1 мм. При розділі м'ясокісткового гомогенату з допомогою протиральної машини довгі волокна створюють на бичах машини тугу сплетені джгути, котрі при поганому припасуванні бичів до робочого сита зменшують продуктивність машини.

Очевидно, ступінь подрібнення м'ясокісткового гомогената птиці з допомогою зазначених пристроїв не може бути вищою, особливо це стосується еластичних сполучень шкіри.

Мікроскопія волокна показала їх належність до волокнистих структур сіткового шару шкіри, які не руйнуються до частин менше 1 мм.

Оскільки вихід напівфабрикату і продуктивність машини в основному визначаються величиною доцентрового прискорення, то частки гомогенату з розмірами більше діаметра отворів сита не протискуються через сито, чим обмежується вихід напівфабрикатів м'яса птиці.

При роботі протиральної машини спостерігається підвищення температури продуктів розділення гомогената за рахунок інтен-

Таблиця 2

Величина нагріву продуктів			
Інтенсивність подачі	Величина нагріву продуктів розділення, °К		Вихід напівфабрикату, %
	відходів	напівфабрикату	
0	278	278	79
0,5 кг/хв	295	287	78,2
0,75 кг/хв	291	284	77,8
1,0 кг/хв	290	282	77,5
1,5 кг/хв	290	281	71,5

сивного тертя продукту по поверхні сита. Вивчено і встановлено величину нагріву продуктів розділення в залежності від величини подачі сировини в машину і її продуктивності по виходу напівфабрикату (табл. 2).

Зменшення подачі продукту в машину скорочує час механічної дії на продукт, чим знижується нагрів сировини. При збільшенні подачі до 1,5 кг/хв значно знижується вихід напівфабрикату, в наслідок цього знижується корисна продуктивність машини і вигідність використання сировини.

Основним фактором розділення гомогенату є діаметр отворів сита, тому при визначенні діаметра отворів продуктивність машини і вихід напівфабрикату визначаються величиною доцентрового прискорення.

Було проведено дослідження впливу режиму розділення на якість і вихід напівфабрикату. Показником режиму розділення використовували безрозмірну величину F_r , яка показує відношення доцентрового прискорення до прискорення земного тяжіння

$$F_r = \frac{\omega^2 \cdot R}{g}$$

де: ω — кутова швидкість обертання бича, c^{-1} ;

R — радіус сита, м;

g — прискорення земного тяжіння, m/c^2 .

Якість напівфабрикату оцінювали місткістю кісткових часток в % до ваги і по його температурі на виході — при початковій 281 °К (табл. 3).

Таблиця 3

Режим роботи, F_2	Вихід суспензії, %	Вміст кісткових часток, %	Температура, °К
74,7	67,7	0,4	285
263,3	77,4	1,1	287
985,3	82,8	2,3	293

Наведені показники свідчать про ефективність впливу збільшення фактора розділення на вихід продукту, але до певної величини, вище якої вести процес не слід.

Отримані значення величин показують доцільність використання швидкісних протиральних машин для розділення м'ясокісткового гомогенату. Використання протертого напівфабрикату у виробництві деяких видів м'ясної продукції показало доцільність його застосування, як одного з основних компонентів сировини, не знижуючого, а в деяких випадках поліпшуючого якість готового продукту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сборник технологических инструкций по производству мяса птицы, кроликов, консервов, полуфабрикатов и кулинарных изделий.— М.: Пищевая промышленность, 1979, 325 с.
2. Ганоцкий В. А., Красуля О. Н., Попков Н. А. и др. Механическая обработка мяса птицы.— М.: ЦНИИТЭИМясомолпром, 1983, 37 с.
3. А.с. 707565 (СССР). Протиричная машина. /Укр.НИИ консервной промышленности; А. К. Гладушняк, А. С. Жвалевский, В. Г. Владюк.— Заяв., 19.05.77 № 2490805/28-13; Оpubл. в Б.И., 1980, № 1.
4. Swift C. E., Lockett C., Frayar A. I. Comminuted meat emulsions. The efficacy of meats for emulsifying fast. Food Technology, 1961, v. 15, w. 2, p. 468—473.

ДЕЯКІ МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ УСТАТКУВАННЯ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

А. А. Вайнберг, Л. І. Гросул, І. Л. Кіржнер

Рішення конструкторських задач з проектування та модернізації технологічного устаткування — один з найбільш поширених і складних видів науково-технічної та інженерної діяльності. Процес конструювання відбувається в умовах невизначеності, дефіциту інформації і носить творчий, евристичний характер, що обумовлює одержання множини варіантів рішень, вибір з яких найкращого не є безперечним.

При проектуванні нового пристрою або модернізації вже існуючого вибір конкретного варіанту зумовлює напрямок всієї розробки. Для виявлення найкращого варіанту доцільно використати функціонально-структурний підхід (ФСП) до проектування, який в сукупності з методами оптимізації є одним з найбільш ефективних заходів рішення конструкторських задач.

ФСП вміщує такі етапи:

1. Вибір мети проектування і послідовне формування моделей пристрою (концептуальної, параметричної, морфологічної, функціональної) у вигляді блоків з інформаційними та енергетичними зв'язками.
2. Створення функціональної структури та її аналіз, проробка та класифікація можливих варіантів.
3. Визначення обмежень, зв'язаних з фізичною суттю вирішуваної задачі і справляючих значний вплив на досягнення вибраної мети з розглядом множини варіантів рішення конструкторської задачі з урахуванням цих обмежень.
4. Оптимізація структури та властивостей кожного з елементів функціональної схеми пристрою. При цьому аналізуються всі фак-

тори, які визначають сукупність властивостей пристрою, та встановлюються критерії оптимізації, що найбільш повно відображують залежність між конкретними позитивними властивостями пристрою та реальними процесами. Далі визначається математична залежність критерія оптимізації від потрібних параметрів розроблюваного пристрою, за допомогою якої співставляються конкуруючі варіанти рішення конструкторської задачі.

5. Узгодження результатів оптимальних рішень елементів функціональної схеми пристрою з напрямком конструювання.

Використання методу оптимізації дозволяє уникнути помилок при конструюванні, полегшити роботу конструктора, обмежити кількість варіантів рішення конструкторської задачі, визначити їх пріоритети та обґрунтувати процес створення нової конструкції на логічній основі.

Оптимізацію в конструкторських розробках доцільно проводити по таким напрямкам:

1. Період циклу роботи, який включає в себе оптимальну синхронізацію періодів виконання різних технологічних операцій, виконуваних розроблюваним пристроєм.

2. Оптимізація технологічності конструкції по окремих елементах в цілому.

3. Забезпечення економічності конструкції шляхом доцільного скорочення матеріальних, енергетичних та трудових витрат.

4. Раціональний вибір рішень в залежності від умов експлуатації, виготовлення та реальних можливостей.

5. Забезпечення надійності шляхом використання раціональних методів конструювання і регламентації оптимальних умов виготовлення та експлуатації.

6. Вибір доцільних співвідношень геометричних параметрів, форми, масових характеристик у зв'язку з кінематичними та динамічними умовами роботи.

7. Раціональний розподіл вантажів на елементи пристрою з метою забезпечення оптимальних умов їх роботи.

8. Узгодження експлуатаційних, технологічних, ергономічних, екологічних та естетичних вимог з конструкцією пристрою.

Викладені методичні рекомендації ілюструє наведений нижче приклад вибору форми та співвідношення розмірів балансірів сепаруючих машин з коловим поступальним рухом робочих органів, призначених для просіювання сипких матеріалів і продуктів помелу зерна.

Рух ситових корпусів самозбалансованих машин такого типу виконується за рахунок дії на них відцентрових сил інерції балансірів. Радіус траєкторії ситових корпусів залежить від величини статичного моменту їх мас, тобто від добутку маси балансіра на радіус обертання їх центра.

Помилки в розрахунках статичних моментів або незадовільне

розташування балансірів можуть привести до зниження технологічної ефективності або до неможливості експлуатації машин взагалі. Наприклад, відхилення положення центру мас сепаратора від площини обертання балансірів може викликати крутильні коливання в горизонтальному напрямку, що обумовить порушення траєкторії руху при значних амплітудах і надмірні вантаження на підвіски. Відхилення центру мас балансірів відносно центру мас сепаратора по вертикалі може привести при відомих умовах до «галоупування» машини (коливання у вертикальній площині), що недопустимо.

До форми та конструкції балансірів ставляться такі вимоги:

— забезпечення максимального статистичного моменту при найменшій масі;

— простота та технологічність конструкції;

— оперативність регулювання величини статичного моменту шляхом зміни маси або радіусу обертання центра мас балансірів.

Якщо порівняти величини статичних моментів балансірів, виготовлених у вигляді колового сектору, колового сегменту або кільцевого сегменту з однаковими центральними кутами, зовнішніми радіусами та масами, то найбільший статичний момент має кільцевий сегмент, дещо менший — коловий сегмент та найменший — коловий сектор.

Таким чином, головний вантаж балансира доцільно виготовляти у вигляді колового або кільцевого сегменту. Величину центрального кута можна визначити дослідженням на екстремум відношення приросту статичного моменту до приросту маси за рахунок збільшення центрального кута

$$\frac{m_{i+1} R_{i+1} - m_i R_i}{m_{i+1} - m_i} \rightarrow \max;$$

Оскільки маса пропорційна площі $m_i = S_i h \gamma$; можна записати

$$\frac{S_{i+1} R_{i+1} - S_i R_i}{S_{i+1} - S_i} \rightarrow \max; \quad (1)$$

де: S_i та R_i — площа та радіус обертання центру мас колового або кільцевого сегменту при центральному куті α_i ;

S_{i+1} та R_{i+1} — площа та радіус обертання центру мас при центральному куті $\alpha_i + \Delta\alpha = \alpha_{i+1}$;

$\Delta\alpha$ — приріст центрального кута балансира;

h та γ — товщина балансира та питома вага матеріалу, з якого він виготовлений.

Після виконання умови (1) дальше збільшення центрального кута α недоцільно, бо тоді маса балансиру зростає швидше статичного моменту.

Аналогічним чином обґрунтовується і доцільне співвідношення зовнішнього та внутрішнього радіусів сегмента балансира. У цьому випадку S_i та R_i відповідають внутрішньому радіусу r_i , а S_{i+1} та R_{i+1} — внутрішньому радіусу $r_{i+1} = r_i - \Delta r$ сегмента. Змінюючи приріст внутрішнього радіуса Δr сегмента до одержання максимальної величини статичного моменту, визначають оптимальну величину r при постійному значенні R та розраховують коефіцієнт пропорційності:

$$k = r/R;$$

звідки

$$r = kR; \quad (2)$$

Враховуючи конструкцію сепаратора та розміщення балансірів, конструктор приймає їх можливо найбільший зовнішній радіус, та вирішуючи тотожність (3), визначає попередні розміри балансира і його масу:

$$\rho_{\max} = \frac{m \delta R_{ц.м.}}{m \delta + M};$$

або

$$\rho_{\max} = \frac{S \delta h \delta \gamma R_{ц.м.}}{S \delta h \delta \gamma + M}; \quad (3)$$

де $m \delta$ та $R_{ц.м.}$ — відповідно площа і товщина балансира та балансира;

$\rho_{\max}$ — найбільший необхідний радіус траєкторії ситових корпусів;

M — маса сепаратора;

$S \delta$, $h \delta$ та γ — відповідно площа і товщина балансира та питома вага матеріалу, з якого він виготовлений.

Використовуючи тотожність (3), розраховують необхідну товщину балансира, обґрунтовують спосіб регулювання величини статичного моменту (змінюючи масу балансира шляхом використання з'ємних вантажів або змінюючи положення центру мас балансира) та виконують ескіз конструкції.

Якщо статичний момент регулюється використанням допоміжних вантажів, то першочерговому конструюванню підлягає основний вантаж, до якого при необхідності закріплюють з'ємні елементи. В такому випадку доцільно враховувати вимоги, що ставляться до конструювання литих деталей.

Основний вантаж балансира відрізняється складною геометричною формою і його розкладають на прості геометричні елементи, що дає можливість підрахувати загальну масу та визначити середній радіус обертання центра мас:

$$R_{ц.м.с.} = \frac{\sum m_i R_i}{\sum m_i};$$

де m_i та R_i — відповідно маса та радіус її обертання для i -того елемента балансира.

Визначивши загальну масу m_3 та середній радіус $R_{ц.м.с.}$, необхідно переконатись в задовільній умові

$$M\rho_{\min} \geq m_3 (R_{ц.м.с.} - \rho_{\min});$$

де $\rho_{\min}$ — мінімально необхідний радіус коливань ситового корпусу сепаратора.

При обґрунтуванні форми та розміщення з'ємних вантажів на основному балансірі необхідно забезпечити постійне значення $R_{ц.м.с.}$ незалежне від кількості закріплених або знятих допоміжних вантажів.

Процедура оптимізації форми та маси балансира сприяє досягненню найбільш раціональних експлуатаційних та технологічних умов роботи сепаратора з коловим поступальним рухом ситового корпусу в горизонтальній площині.

ЕФЕКТИВНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ

Є. В. Нужин, О. К. Гладушняк

У харчовій промисловості гомогенізатори знаходять широке застосування. Їх установлюють у лініях виготовлення питного молока, ацидофіліну, йогурта, вершків, морозива, ЗЦМ і гомогенізованих продуктів для дитячого харчування на основі молока. Крім цього, виробництво маргарина, майонеза, соків з м'якоттю і багатьох видів ковбасних виробів також не може обійтись без гомогенізації.

Гомогенізація молока та інших дисперсних середовищ відноситься до енергоємних процесів, питомі затрати енергії при експлуатації гомогенізаторів досягають 10 кВт·год/м³ і більше.

У всьому світі гостро стоїть проблема створення гомогенізаторів, здатних забезпечити якість продукції при зменшених затратах потужності.

Процес гомогенізації важко піддається вивченню із-за дрібного масштабу об'єкта (розмір жирових часток молока складає 0,8 ... 10 мкм), а також із-за високої швидкоплинності (частки знаходяться в області здрібнення під впливом короткого часу $\sim 10^{-5}$ с). Проте, для вирішення проблеми вдосконалення гомогенізуючого пристрою необхідно мати правильне уявлення про стадії і фази процесу гомогенізації. Дослідники розробляють гіпотетичні уявлення про механізм роздріблення, які безперервно уточнюються. Нині ефект дробіння роз'яснюють діями кавітації,

турбулентними пульсаціями, вихоровими течіями, зрушенням тонких верств потоку, ударами о тверду стінку, діями поздовжніх і поперечних градієнтів швидкості (3÷7). Проте, часто ствердження про механізм гомогенізації носять декларативний характер.

В даній роботі на основі аналізу сучасних уявлень про гідродинамічні обставини в зоні здрібнення дисперсних часток запропоновано напрямок створення ефективних пристроїв для гомогенізації.

Теорія удару струменя об тверду стінку

Аналіз патентної літератури показує, що дослідники гомогенізуючих пристроїв часто пропонують установлювати на виході потоку і із клапанної щілини спеціальні відбійні кільця. Припускається, що при ударі струменя в кільце відбувається або завершується процес гомогенізації жирових часток (6, 8, 9).

Таке уявлення ставить під сумнів необхідність другого ступеня гомогенізації, крім того, має потребу в оцінці величин.

Сила удару струменя об тверду стінку

$$F = \rho Q v,$$

де: ρ — густина дисперсного середовища;
 Q — витрата струменя;
 v — швидкість струменя при зіткненні зі стінкою.
 Сила удару дисперсної частки об тверду стінку

$$F_1 = m_1 a_1 = m_1 \frac{\Delta v}{\Delta t} = \rho_1 V_1 \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

де: m_1 — маса дисперсної частки;
 a_1 — прискорення дисперсної частки;
 Δv — змінення швидкості при ударі;
 Δt — час удару;
 V — об'єм дисперсної частки.

Враховуємо, що дисперсна частка має форму кулі, прирівнюємо швидкість частки до нуля після удару, а під час удару (час проходження відстані в діаметрі частки) — швидкості потоку. Після нескладних перетворень, одержуємо роботу, витрачену на прискорення частки:

$$\Delta A_y = 0,5 m_0 (v_0^2 - v_1^2),$$

де: $m_0 = 4\rho_1 \pi r_0^3 / 3$ — маса початкової дисперсної частки;
 v_0 и v_1 — початкова і кінцева швидкості частки;
 $\Delta A = \sigma_{1,2} \Delta S$ — робота по збільшенню поверхні;

$\sigma_{1,2}$ — міжфазне поверхнєве натягіння;
 $\Delta S = S_1 - S_0$ — збільшення площі поверхні дисперсних часток при здрібненні.

Стосовно молока, при $v_1 \sim 0$; $v_0 = 100$ м/с; $\rho_1 = 900$ кг/м³

$$\Delta A_y = \frac{2}{3} \rho_1 \pi \cdot r_0^3 \cdot v_0^2$$

$$\Delta A_y = \frac{2}{3} 900 \pi (2 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 10^2 = 15 \cdot 10^{-13} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Із проведеного аналізу випливає, що до руйнування дисперсної частки необхідна робота в ~ 6 разів більша, ніж робота гальмування частки при ударі об стінку.

Отже, для умов гомогенізації жирових часток в потоці цей механізм не може розглядатись як самостійний. Це тим більше справедливо, якщо врахувати, що тільки невелика кількість часток досягає твердої стінки, а більша частина — тільки обтікає її. Крім того, відомо, що здрібнення жирових кульок закінчується в клапанній щілині [6, 11], відомо також, що гомогенізація може проходити як в затоплених, так і в вільних струменах.

Вплив турбулентності потоку на гомогенізацію

Припускають, що вихорові структури, які виникають в потоці, можуть привести до руйнування дисперсних часток [14]. Їх вплив роз'яснюють явищем нестационарності в потоці у вигляді турбулентності.

За теорією локальної турбулентності А. М. Колмогорова [15] енергія дисипації вихора

$$E_v = \frac{v_v^3}{L}$$

де: v_v — внутрішній масштаб швидкості;

L — середній розмір найменших вихорів.

Це ж рівняння справедливо і для проміжних вихорів (енергонаєвнісних) при числах Рейнольдса $Re > 1500$). Потік в клапанній щілині має $Re \geq 12000$ [16].

Теорія локальної турбулентності вимагає прийняття визначених допущень v_v і L . Оскільки обґрунтування їх є досить утрудненим, зручніше вибрати «характеристичну» швидкість [17]

$$v_x \sim (E_v L_x)^{1/3} \sim (v E_v)^{1/4},$$

та «характеристичну» довжину

$$L_x \sim \left(\frac{v^3}{E_v} \right)^{1/2},$$

де v — кінематична в'язкість.

Здрібнюються частки, радіус яких більше [18]

$$\left(r_0 = \frac{\sigma_{1,2}}{\rho_1 v} \right)^{5/8} \lambda_0^{3/8},$$

де: k — густина опору;

λ_0 — масштаб турбулентності.

Здрібнення рідких дисперсних часток стає можливим, якщо число Рейнольдса обтікання

$$Re_{1,2} = \frac{2v_{1,2} r_0}{v} > 10,$$

де $v_{1,2}$ — відносна швидкість ковзання дорівнює швидкості турбулентних пульсацій.

Неважко підрахувати, що при $r_0 = 2$ мкм, $v = 1,76 \cdot 10^{-6}$ м²/с [10] відносна швидкість має складати $v_{1,2} = 2,2$ м/с.

Аналізуючи дію турбулентних пульсацій, необхідно оцінити радіальну, тангенціальну і поперечну інтенсивності турбулентності. Для вільної дозвукової струмینی при витіканні із круглого сопла уздовжня складова швидкості досягає 13 %, тангенціальна — 8 %, а поперечна — 5 % [19] від швидкості витікання. Приймаємо аналогічні величини для щілини радіального розходження при швидкості потоку 150 м/с, отримуємо пульсаційну складову: у радіальному напрямку ± 20 м/с, у поперечному — ± 12 м/с. Для здрібнення необхідно, щоб масштаб турбулентності був сумірний з розміром дисперсної частки [20]

$$\lambda < 2r_0.$$

Щоб забезпечити умови здрібнення дисперсних часток, енергія дисипації проміжних вихорів повинна бути більше енергії поверхні. Прийmemo $L_x = \delta = 0,1 \cdot 10^{-6}$ м і кінематичну в'язкість $v = 10^{-6}$ м²/с, легко знайти величину енергії дисипації вихора $E_v \cong 10 \cdot 10^9$ м²/с³. Маса рідини в щілині $m \sim 40 \cdot 10^{-6}$ кг, час руху від первинного вихора до виходу із щілини $\tau \sim 0,25 \cdot 10^{-6}$ с, при цьому енергія дисипації вихора

$$E'_v = 0,1 \text{ Дж}.$$

Щоб відповісти на запитання, чи достатня ця енергія для руйнування всіх часток, які знаходяться у щілині, необхідно визначити їхню кількість. Стосовно до молока жирністю 3 % при густині жиру 900 кг/м³ і початковому розмірі жирових кульок $d_0 = 4$ мкм, кількість жирових часток, що знаходяться у щілині

$$N' = \frac{0,03 \cdot 6 \cdot m}{\pi d_0 \rho_1},$$

$$N' = \frac{0,03 \cdot 6 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{\pi (4 \cdot 10^{-6})^3 \cdot 900} \cong 12 \cdot 10^3 \text{ шт.}$$

Робота, необхідна для збільшення поверхні при руйнуванні однієї частки, яка має початковий розмір $d_0=4$ мкм, до кінцевого розміра $d_1=0,7$ мкм, оцінюється $\Delta A=944 \cdot 10^{-3}$ Дж.

Робота утворення нової поверхні всіх часток відповідно зростає до $E_a=0,4 \cdot 10^{-3}$ Дж. Порівнюємо цю величину з енергією дисипації вихора, бачимо, що

$$E \cong 100 \cdot 10^3 \text{ Дж} \gg E_a \cong 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

Таким чином, із запасеної енергії дисипації вихора тільки 0,4 % потрібно на створення нової поверхні зруйнованих часток.

Виконані оцінки свідчать про перевагу дії турбулентних пульсацій швидкості над здрібненням рідинних дисперсних часток в потоці.

Гомогенізація з позиції дії кавітації

Відомо, що тиск уздовж клапанної щілини змінюється у складний спосіб [22]. Перед щілиною він має максимальне значення і дорівнює тиску в нагнітальному каналі плунжерного блоку: на початкових радіусах щілини тиск різко падає і може досягнути тиску насичених парів; в кінці щілини — відновлюється і плавно зменшується до тиску середовища за клапаном [8, 9]. Таким чином, створено умови для виникнення кавітації. Явище кавітації проявляє себе характерним спрацюванням робочих поверхней сідла і клапана. Якщо гомогенізацію пояснюють дією кавітації, то мова йде про імпульси стиснення, інтенсивність яких збільшується з підвищенням тиску в зонах конденсації. Тиск можна підняти, якщо збільшити довжину щілини [23].

Руйнівна дія кавітації легко пояснюється ефектом здрібнення не тільки рідких, а й твердих дисперсних часток. Але кавітація може виникнути тільки на останніх ступенях. Ця обставина ставить під сумнів дію кавітації у перших ступенях пристрою і вимагає ретельної експериментальної перевірки.

Ефект гомогенізації в струминах можна пояснити дією кавітації, яка виникає краю вихідного отвору, якщо число кавітації [24]

$$\Sigma = \frac{2(p_c - p_v)}{\rho v^2} < 0,5,$$

де: p_c — тиск у струміні;

p_v — тиск пароутворення.

Це роз'яснення не виключає впливу турбулентності.

Кількісні оцінки інтенсивності кавітації дуже важкі, а пояснення експериментів не завжди конкретні, тому що кавітацію супроводжує турбулентність, роз'єднати ж їх вплив — складна задача.

Дію кавітації можна уявити як послідовність наступних фаз: виникнення кавітаційної бульбашки, ляснення бульбашки і утворення кумулятивного струменя, направленного до кордону впровадження кумулятивної струмнини в краплину.

Трактування результату гомогенізації за рахунок градієнта швидкості

Відомо, що в потоці швидкості змінюються не тільки уздовж (повздовжний градієнт), але і впоперек (поперечний градієнт) течії.

Різні частини жирової кульки, яка потрапить у таку течію, матимуть різні швидкості. При поздовжньому градієнті матимуть різні швидкості лобова і кормова частини, а при поперечній — бокові частини. При позитивному прискоренні лінії струму зближуються, і можна припустити, що рідка дисперсна частка, витягуючись, буде розпадатись на більш дрібні краплини.

Уперше теорія руйнування часток за рахунок поздовжнього градієнта була запропонована М. В. Барановським і ввійшла у підручники як найбільш достовірна. Відповідно до цієї теорії місце входу в щілину являє собою певний вузький кордон, з одного боку якого невеликі швидкості (~ 20 м/с) потоку, а з другого — швидкості 150 м/с і вище. Припускалось, що дисперсна частка, яка проходить через цей кордон, опинялась лобовими частинами в зоні дії поздовжнього градієнта швидкості. При цьому враховувалось, що передні частини відриваються і відносяться з швидкістю потоку в щілині, в той час як кормова частина повільно підходить до кордону. Така уява про механізм здрібнення помилкова, якщо порівняти масштаби. При розмірі часток 4 ... 10 мкм ширина кордону зміни швидкості повинна складати ~ 1 мкм. В реальних умовах через звуження ліній струму ширина цього кордону у багато разів перебільшує розмір часток. Згідно з теорією Шліхтінга про динаміку розгону [25], стосовно досліджуваного випадка, розгін потоку, спрямованого до щілини, починається перед щілиною і закінчується на її початкових радіусах. Тобто, потік рухається прискорено на відрізу, що дорівнює радіусу підвідного каналу ($\sim 10 \cdot 10^3$ мкм). При такій довжині масштаб розгінного відрізу в тисячу разів перебільшує розмір частки, а швидкості лобової і задньої частин краплини відрізняються не більше, ніж на 1 %.

Для оцінки можливостей розпаду початкових дисперсних часток на більш дрібні зручно уявити початкову частку у формі циліндра. Нехай поздовжня вісь такої частки буде направлена вздовж руху потоку. Очевидно, в розгонному відрізу, де швидкість потоку безперервно зростає ця частка, рухаючись разом з

поток, буде витягуватись, довжина циліндра збільшується, а діаметр — зменшується.

Неважко показати, що відповідно до розмірів жирових часток молока початкові частки, опинившись у розгонному відрізку перед щільною, можуть витягуватись в рідкі циліндри, довжина яких в ~6 разів перебільшує діаметр.

Задачу розпаду рідкого циліндру на краплини було вирішено Дж. В. Релеєм [26]. Причиною розпаду служить сколочення в рідині (наприклад, турбулентні пульсації) з довжиною хвилі

$$\lambda_0 < \pi d_0,$$

де d_0 — діаметр витягнутого рідкого циліндру.

Довжина хвилі сколочення може бути висловлена як [27]

$$\lambda_0 = c/f,$$

де: c — швидкість поширення звука в рідині;

f — частота скаламучення.

Зрівнюємо два вирази, отримуємо умову для частоти скаламучення

$$f = c/(\pi d_0)$$

Прийmemo $c = 1500$ м/с, $d_0 = 4 \cdot 10^{-6}$ м, отримаємо $f > 0,01 \cdot 10^9$ Гц. Стримане значення частки скаламучення настільки велике, що ставить під сумнів реальність дії розпаду в результаті поздовжньої деформації дисперсних часток на розчинних відрізках.

Проте, це зовсім не означає, що поздовжній градієнт швидкості не може бути причиною розпаду часток. У приведених роздумах не враховувалась сила тертя. Ці сили з'являються на поверхні дисперсних часток у тому випадку, якщо частки рухаються із ковзанням, тобто, мають швидкості, відмінні від швидкості основного потоку. Припущений розвиток процесу представлено на рис. 1.

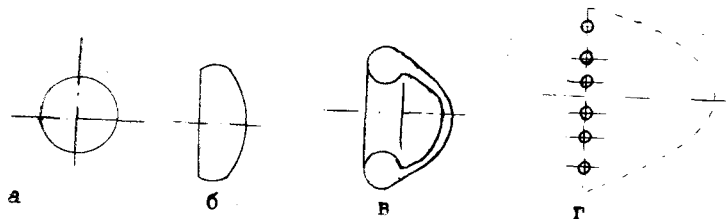


Рис. 1. Схема стадій деформації при руйнуванні краплини, що рухається відносно потоку: а) кулеподібна форма; б) сплюснутий еліпсоїд; в) «парашут»; г) утворені нові краплини

Аналогічні процеси можна спостерігати з газовими бульбашками у воді і мільними бульками в повітрі. Для реалізації такого механізму необхідно створити градієнт швидкості, при цьому не має значення, чим він породжений: турбулентністю чи ударом, кавітацією чи хвильовими явищами в рідині. Уявлення про розпад рідких дисперсних часток, зв'язане з градієнтом швидкості, не тільки не суперечить усталеним уявленням, але істотно проявляє процес і дозволяє проводити його кількісну оцінку.

Найбільш помітний результат слід очікувати при турбулентному обтіканні частки, коли за кормою з'являється вихоровий слід.

Висунуту нами гіпотезу можна сформулювати таким чином.

Рідкі дисперсні частки в потоці дисперсного середовища здригаються в зонах поздовжнього градієнта швидкості незалежно від причин, які спричиняють прискорений рух потоку. Додатковою умовою здригання є відмінність густини дисперсної фази і дисперсного середовища. Чим більше градієнт швидкості потоку і більше різниця густини складових систем, тим вище відносна швидкість ковзання фаз, значніша деформація часток і, як наслідок, дрібніші кінцеві частки.

Сформульована гіпотеза гомогенізації дозволила нам реалізувати необхідні умови в реальних пристроях. Нами сконструйовано ефективний пристрій гомогенізації (28÷30), які працюють з мінімальними витратами потужності. Виробничі випробування гомогенізаторів, обладнаних такими пристроями, свідчать, що потрібні затрати енергії можуть зменшуватися в 1,9 рази і досягати ~6 кВт·год/м³.

ЛІТЕРАТУРА

1. Классификация диспергаторов /А. М. Грабовский, В. М. Иванов, К. Ф. Иванов, Е. В. Нужин //Хим. и нефт. машиностроение, 1977, № 6, С. 41—41.
2. Hyper Homogenisers High Pressure Pumps pressures up to 1000 bar: Rannie //Проспект фирмы Ранни (Дания) на выставке «Молпром».— Москва, 17—19 марта, 1989.
3. Эмульсии. Под ред. Ф. Шермана.— Л.: Химия, 1972.— 448 с.
4. Нигматулин Р. И. Динамика многофазных сред. Ч. I.— М.: Наука, 1987.— 464 с.
5. Treiber A., Kiefer P. Kavitation und Turbulenz als Zerkleinerungsmechanismen beider Homogenisation von o/w — Emulsionen.— Chem. Ing.— Techn., 1976, v. 48, No. 3, p. 259.
6. Сурков В. Д., Липатов Н. Н., Золотин Ю. В. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности.— М.: Легкая и пищ. пром.-сть, 1983.— 432 с.
7. Мухин А. А., Кузьмин Ю. Н., Гисин И. Б. Гомогенизаторы для молочной промышленности.— М.: Пищ. пром.-сть, 1976.— 67 с.
8. Голин. Лабораторный гомогенизатор (модель АВ 100; АВ 60) //Проспект фирмы АПВ ГОЛИНИнтернейшннал СА (Голландия) на выставке «Молпром».— Москва, 17—19 марта, 1989 г.
9. Технологическое оборудование консервных заводов /М. С. Аминов,

М. Я. Дикис, А. Н. Мальский, А. К. Гладушняк.— М.: Агропромиздат, 1986.— 319 с.

10. Тепел А. Химия и физика молока.— М.: Пищ. пром.-сть, 1979.— 623 с.

11. Барановский Н. В. Влияние гидравлических факторов на степень дисперсности жира при гомогенизации молока.— Дис. ... канд. техн. наук.— М.: Машинопись, 1955.— 183 с.

12. Закономерности процесса гомогенизации в струях /К. Ф. Иванов, Б. В. Юрченко, Е. В. Нужин, П. Р. Дыро //Изв. вузов: Пищевая технология, 1985, № 2, С. 58—60.

13. Schubert H., Armbruster H. Prinzipien der Herstellung und Stabilität von Emulsionen //Chem. Ing.— Techn.— 1989.— 61 — No. 9.— Р. 701—711.

14. Иванов К. Ф., Нужин Е. В., Юрченко Б. В. Использование отрывных течений для повышения эффективности гомогенизации //Изв. вузов: Пищевая технология, № 1, 1980. С. 114—115.

15. Колмогоров А. К. О дроблении капель в турбулентном потоке //ДАН СССР, Т. 66, № 5, 1949.

16. Исследование характера движения жидкости в клапанных гомогенизаторах /В. А. Жаров, К. Ф. Иванов, Е. В. Нужин, Б. В. Юрченко //Сб. науч. тр. Гидравлика и гидротехника.— Кишинев: КишПИ, 1975, Т. 150, С. 66—69.

17. Kawase Y., Moo-Young M. Mathematicmodels for design of bioreactors: applications of Kolmogoroff's theory of isotropic turbulens //Chem. Ing. Y.— 1990.— 43 — No. 5. Р. 1319—1341.

18. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика.— М.: Физматгиз, 1959.— 217 с.

19. Авиационная акустика. Под ред. А. Г. Мухина и В. Е. Квитки.— М.: Машиностроение, 1973.— 448 с.

20. Нигматулин Р. И. Динамика многофазных сред.— М.: Наука, 1978.— Ч. 1.— 464 с.

Использование турбулизаторов для повышения эффективности гомогенизации /В. А. Жаров, К. Ф. Иванов, Е. В. Нужин, Б. В. Юрченко //Сб. науч. трудов: Гидравлика и гидротехника.— Кишинев, КишПИ, 1975. Т. 150. С. 57—60.

22. О критических режимах работы клапанных гомогенизаторов /А. М. Грабовский, К. Ф. Иванов, Е. В. Нужин, Б. В. Юрченко.— В кн.: Точность и надежность механических систем. Рига, 1979. С. 152—157.

23. Патент 0285725 ЕПВ, МКИ В 01 I 5/06. Mixing apparatus /Chugoku Kaisha, 1987.

24. Биркгоф Г., Сарантонелло Э. Струи, следы и каверны.— М.: Мир, 1964.— 466 с.

25. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя.— М.: Иностранная литература, 1954.— 405 с.

26. Майер В. В. Простые опыты со струями и звуком: Учебное руководство.— М.: Наука, 1985.— 128 с.

27. Ультразвук. Маленькая энциклопедия.— М.: Сов. энциклопедия, 1979.— 400 с.

28. А. с. 1614771 (СССР) МКИ А 01 I 11/16; В 01 F 5/02. Гомогенизирующая насадка /Е. В. Нужин, Д. П. Захваткин, А. К. Гладушняк, В. Н. Кучеренко.— Оpubл. БИ № 47, 1990.

29. А. с. 1688809 (СССР) МКИ А 01 I 11/16. Устройство для гомогенизации пищевых продуктов /Е. В. Нужин, Д. П. Захваткин, А. К. Гладушняк, В. Н. Кучеренко.— Оpubл. БИ № 41, 1991.

30. А. с. 1706087 (СССР) МКИ А 01 I 11/16; В 01 F 5/08. Головка гомогенизатора /А. К. Гладушняк, Е. В. Нужин, А. А. Гладушняк, В. Н. Кучеренко.— Оpubл. БИ № 2, 1992.

31. Гладушняк О. К., Нужин Е. В. Гомогенизующие пристрої //Харчова и переробна промисловість, № 8, 1992. С. 29—29.

ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО КОНСТРУЮВАННЯ КОНСЕРВНОЇ ТАРИ

А. Ф. Котельніков

У виробництві консервних банок віддають перевагу збірним банкам як більш економічним. В залежності від їх використання та існуючого навантаження можна оптимізувати конструктивні частини — дно [1], кришку та корпус [2, 3] або окремо кожну. При цьому Р. Зауер [1] на передній план висуває зовнішній вигляд банки, її корозостійкість шляхом відповідного облагороджування зовнішньої поверхні, і лише потім йдеться про надання їй достатньої жорсткості. На наш погляд одержання достатньої міцності та стійкості частин металевих банок при навантаженні має більш суттєве значення на етапі впровадження тонкої жерсті в Україні.

Рациональне використання тонколистового металу можливе на підставі точних даних про вплив параметрів банки на її стійкість.

Відомо, що при стерилізації консервів у автоклаві без протитиску найбільшого напруження зазнає кришка від внутрішнього тиску в банці. До кришки ставиться вимога, щоб вона нарівні з достатньою міцністю матеріалу мала розтяжність без переходу напружено-деформованого стану до пружно-пластичної області.

Якщо конструкція кришки жорстка та під дією внутрішнього тиску приріст об'єму банки невеликий, менший за приріст об'єму всіх компонентів вмісту банки, тоді внутрішній тиск перевищує критичне значення. У такому разі кришка відмовляє.

Розглядаючи кришку як гнучку гофровану пластину з початковою увігнутістю, з допомогою методу Бубнова-Галеркіна [4] ми знайшли значення радіального σ_r та кільцевого σ_φ напруження для напівжорсткого затиснення контуру:

$$\sigma_r = E(f^2 + 2f_{\text{нг}}f)(1 - r^2/R^2)/(4R^2) \quad (1)$$

$$\sigma_\varphi = E(f^2 + 2f_{\text{нг}}f)(1 - 3r^2/R^2)/(4R^2)^2 \quad (2)$$

де: E — модуль пружності, МПа;

f та $f_{\text{нг}}$ — прогин центру кришки, поточний та початковий відповідно, мм;

r — поточний радіус, мм;

R — радіус контуру, мм.

Очевидно, що: 1) при $r=R$ кільцеві напруження стискуючі та набирають максимальних значень, які після введення в формулу (2) можна визначити:

$$\sigma_\varphi_{\text{max}} = -E(f^2 + 2f_{\text{нг}}f)/(2R^2) \quad (3)$$

2) при зміні поточного радіуса від $r=R$ до $r=R/\sqrt{3}$ стискуючі кільцеві напруження зменшуються до нуля ($\sigma_\varphi=0$), а далі змінюють знак.

Отже, область стискуючих напружень обмежена відрізком

$$R/\sqrt{3} \leq r \leq R \quad (4)$$

Розглянувши задачу стійкості кришки [2], ми знайшли значення критичного прогину центру кришки:

$$f_{кр.} = -f_{нт} \pm \sqrt{f_{нт}^2 + 2,84IC/(Rh)},$$

де: I — головний центральний момент інерції перерізу ділянки кришки, обмеженої нерівністю [4], мм^4 ;

R — радіус контуру кришки, мм ;

C — коефіцієнт, залежний від числа хвиль складчастості та коефіцієнта Пуассона μ .

Коефіцієнт « C » підраховують так:

$$C = [4,32n^4 + n^2(1,17\mu - 3,58) + 1,36]/[(1-\mu^2)n^2].$$

Аналіз конструкцій рельєфів гофрування кришок для металевої тари визначив, що небезпечна зона поблизу контуру повинна мати підкріплення у вигляді комбінації кільцевих ребер жорсткості змінної кривизни.

Хороший ефект дає запропонована комбінація [5], яка підвищує несучу здатність кришки: радіус кривизни кільцевого ребра жорсткості дорівнює $R_k = (0,025 \dots 0,035) \cdot D$, а висота найближчого до центру кільцевого ребра жорсткості —

$$H = (0,002 \dots 0,003) \cdot D,$$

тут D — внутрішній діаметр банки, при цьому висота кожного наступного кільцевого ребра жорсткості, віддаляючись від центра, зростає на $0,3 \dots 0,6$ мм .

Якщо здійснювати процес стерилізації при температурі 130°C , то в банці № 12, що закатана кришкою [5], виробленою із бляхи товщиною $0,24$ мм та мірою твердості B , тиск може сягнути до $0,13$ МПа , а збільшення об'єму при цьому — 120 мілілітрів. У разі застосування кришки з тими ж геометричними параметрами, тільки із жерсті міри твердості D , то із-за гіршого розтягнення тиск в ідентичних умовах зростає до $0,16$ МПа .

Однак це не слід вважати за недолік, тому що критичний тиск для зазначених кришок також зростає.

При досліджуванні можливості зниження товщини жерсті кришки в зазначених умовах стерилізації виявилось, що із зміною твердості жерсті від 55 до 70 одиниць HR30T та товщини від

$0,24$ до $0,20$ мм кришки діаметром 99 мм , товщиною $0,20$ мм із м'якої жерсті відмовляють, а з твердої ($\text{HR30T}=70$ одиниць) — наближуються до небезпечної зони.

Бажане зниження товщини жерсті кришок вимагає перегляду програми регулювання тиску у стерилізаційному апараті, тобто необхідно вести процес стерилізації з протитиском, щоб розвантажити кришки. Але цей спосіб підвищує тиск на корпус банки зовні, що може призвести до зминання корпусу.

Для підвищення жорсткості банки на її корпусі виробляють зігі. При зростанні глибини зіга підвищується величина критичного тиску проте зменшується величина граничного вертикального навантаження при штабелюванні.

У табл. 1 наведено результати експериментального визначення граничних значень осового навантаження та зовнішнього тиску на банку № 13, вироблену з жерсті міри твердості B . При цьому змінювались: товщина жерсті — від $0,18$ до $0,22$ мм , глибина зігів — від $0,4$ до $0,8$ мм .

Таблиця 1

Залежність критичного навантаження від товщини жерсті та глибини зігів

Товщина жерсті корпусу, мм	Критичний тиск $P_{кр}$, МПа			Критичне осове зусилля $N_{кр}$, КН		
	Глибина зіга, мм			Глибина зіга, мм		
	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8
0,18	0,10	0,13	0,16	4,5	3,1	2,0
0,20	0,12	0,152	0,185	5,0	3,6	2,5
0,22	0,16	0,18	0,24	7,1	4,2	3,5

Аналіз наведених даних показує, що при спільній дії зовнішнього тиску у $0,1$ МПа (абсолютний вакуум в банці — чого, природно, не буває), і сили від триярусного штабелювання $N_{кр.}=4$ КН банка № 13, яка має сім зігів завглибшки до $0,45$ мм , може мати товщину стінки корпусу десь $0,18$ мм , якщо виготовити її з жерсті міри твердості B .

ЛІТЕРАТУРА

1. Q. Sauer, M. Socleik und K. Fäffner. Neuere Entwicklungen im Bereich Weißblecherzeugung und Dosenherstellung. Metall. 41. Jahrgang. H. 9. Sept. 1987, s. 880—885.
2. Котельников А. Ф. Исследование прочностных характеристик крышек стеклотары при стерилизации // Консервная и овощесушильная промышленность. — 1983. — 1, с. 14—15.
3. Котельников А. Ф. Жесткость корпусов консервных банок. // Пищевая промышленность. — 1990. — № 3, с. 38—39.

4. Вольмир А. С. Гибкие пластины и оболочки.— М.: Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1956.— 419 с.

5 А.с. 1661063 СССР. Кл. В65Д 1/16 металлическая консервная банка (Конюшинский Н. Н., Котельников А. Ф., Шабатура Я. Н.) СССР.— № 4724997/13. Заявл. 31.05.89. Оpubл. 07.07.91. Бюл. № 25.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНО-ДЕФОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

В. Ф. Петько

Ущільнення сипких матеріалів набуло широкого застосування у харчовій промисловості з метою підвищення точності дозування, збереження харчових продуктів, зменшення розмірів тари, витрачання пакувальних матеріалів та скорочення транспортних витрат. Для проектування ефективного устаткування, яке здійснює процес ущільнення, необхідно знати пружно-деформативні характеристики сипких харчових продуктів. Аналіз науково-технічної літератури у даній області показав, що найбільша кількість робіт по визначенню пружно-деформативних характеристик сипких матеріалів відносяться до механіки ґрунтів [1, 2, 3, 4, 6], зерна [4, 8] і частково — до дрібнодисперсних харчових продуктів [7]. Однак ці дослідження явно недостатні для розробки теоретичних основ ущільнення сипких матеріалів.

У роботі, що пропонується, наведено результати експериментального дослідження залежності пружно-деформативних характеристик (коефіцієнта щільності укладки часток k , коефіцієнта Пуассона μ , модуля пружності E , коефіцієнта бокового розпору ζ) від величини нормальних напружень у процесі об'ємної деформації всебічного стискання різних за фізичними властивостями харчових продуктів (Табл. 1).

Таблиця 1

Фізичні характеристики	Чай ґру- зинський в.г.	Гірчиця- порошок	Цукор- пісок	Цукрова пудра
Щільність речовини часток, ρ_r , кг/м ³	1410	1265	1485	1485
Середній розмір часток, d_c , мкм	3000	195	730	320
Вологість, W , %	3,0	3,5	0,15	0,15
Початкове значення коефіцієнта щільності укладки часток, k_0	0,201	0,301	0,570	0,512

Дослідження проведено на приладі [9], який розроблено автором спільно з В. М. Петровим і І. Р. Дударевим, та оброблено за методикою, поданою в роботі [7].

Результати дослідів після обробки наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Продукт	Напруження, кПа		Пружно-деформативні характеристики				
	σ	σ_z	k	μ	ζ	E_e , Па	E_r , Па
Чай ґру- зинський в.г.	8,66	4,20	0,222	0,240	0,485	107007	101992
	13,11	6,40	0,227	0,240	0,488	127218	115774
	16,34	8,45	0,232	0,254	0,517	130854	129557
	20,26	10,45	0,236	0,253	0,517	142721	140583
	23,99	12,45	0,240	0,254	0,519	151286	151609
	27,68	14,40	0,243	0,253	0,520	160035	159878
Гірчиця- порошок	4,11	2,01	0,418	0,199	0,401	19555	19412
	11,27	5,50	0,509	0,186	0,376	29187	29281
	20,39	7,77	0,586	0,187	0,379	37385	37631
	28,68	10,71	0,651	0,178	0,368	44732	44680
Цукор- пісок	5,58	2,75	0,592	0,223	0,454	28128	26060
	9,48	5,25	0,610	0,259	0,527	41319	45695
	13,47	7,30	0,618	0,271	0,524	54718	54291
	19,57	11,20	0,635	0,274	0,528	71382	72751
	23,58	13,00	0,642	0,264	0,540	81504	80352
	28,50	15,00	0,650	0,252	0,518	93178	89038
Цукрова пудра	8,90	4,20	0,582	0,232	0,472	164959	179774
	13,09	6,50	0,594	0,246	0,500	190373	196627
	17,94	8,20	0,601	0,224	0,457	221334	206458
	23,00	10,90	0,615	0,231	0,474	134244	226122
	25,56	11,40	0,621	0,217	0,446	237346	234548
	28,66	12,45	0,627	0,221	0,434	244788	242976

У табл. 2 позначено: σ і σ_z — радіальні та осеві напруження у зразку; $k = \rho / \rho_r$ — коефіцієнт щільності укладки часток сипкого матеріалу об'ємною щільністю ρ ; μ — коефіцієнт Пуассона; ζ — коефіцієнт бокового розпору; E_e — експериментальне значення модуля пружності E ; E_r — значення модуля пружності визначене з формули (3) (див. нижче).

Аналіз табл. 2 показав, що коефіцієнти μ і ζ в досліджених межах практично постійні, а їх відношення

$$\frac{\zeta}{\mu} = 2 \quad (1)$$

для усіх піддослідних сипких продуктів. При цьому погрішність не перевищувала 5 % від середнього значення.

Установлено також, що залежність модуля пружності E піддослідних сипких матеріалів від коефіцієнта щільності укладки часток k має такий вигляд:

$$\frac{dE}{dk} = E_n, \quad (2)$$

де E_n — постійна величина, яка має розмірність напруження.

Після інтегрування залежності (2) за початкових умов (якщо $k=k_0$, то $E=0$, що справедливо для незв'язних сипких матеріалів) одержали:

$$E = (k - k_0) E_n, \quad (3)$$

де k_0 — початкове значення коефіцієнта щільності укладки часток сипкого матеріалу.

Залежність коефіцієнта k від відносної об'ємної деформації

$$\Delta = \frac{du_x}{dx} + \frac{du_y}{dy} + \frac{du_z}{dz} \text{ має вигляд:} \quad (4)$$

$$k_0 - k = k_0 \Delta.$$

З урахуванням (4) вираз (3) перетворюється на такий:

$$E = -\Delta E_0, \quad (5)$$

де $E_0 = k_0 E_n$ — значення модуля пружності при об'ємній деформації рівній -1 .

З виразу (5) виходить, що модуль пружності $E \geq 0$ тільки у випадку, коли $\Delta \leq 0$, тобто, коли об'ємна деформація є деформацією стискування сипкого матеріалу. При деформації розтягу нев'язких сипких матеріалів, до яких відносяться піддослідні сипкі продукти, вираз (5) втрачає зміст, тому що модуль пружності стає від'ємним.

Значення постійних k_0 , E_n і E_0 , одержаних з результатів обробки експериментальних даних, наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Піддослідні продукти	Значення постійних		
	k_0	$E_n, \text{Па}$	$E_0, \text{Па}$
Чай грузинський	0,185	2756530	509960
в.г.			
Гірчиця-порошок	0,239	108448	25920
Цукор-пісок	0,568	1085835	616754
Цукрова пудра	0,454	14044880	637634

З табл. 3 випливає, що значення параметра E_0 для цукру-піску і цукрової пудри практично однакові (відхилення складає 3, 4 %, що менше, ніж погрішність дослідів). Це свідчить про те, що параметр характеризує властивості речовини часток досліджуваного сипкого матеріалу і практично не залежить від їх розмірів.

Порівняння теоретичних значень E_t модуля пружності E (табл. 2) з його експериментальними значеннями E_e , дозволило установити, що вирази (3) і (5) адекватно відображують залежність модуля пружності E від коефіцієнта k щільності укладки часток, а також відносної об'ємної деформації Δ (кулевого тензора деформації) сипкого матеріалу.

З табл. 1 і 3 виходить також, що значення коефіцієнта k_0 , одержані з результатів компресійних випробувань, відрізняються від коефіцієнта k_n , одержаного з результатів завантаження мірної ємності, на 1,75 ... 20 % у меншій бік. При цьому різниця тим більша, чим менші розміри часток продукту.

Таким чином, з результатів експериментальних досліджень одержано пружно-деформативні характеристики сипких харчових продуктів, встановлено їх залежність від коефіцієнта щільності укладки часток k і відносної об'ємної деформації Δ . Отримані дані дозволяють зробити висновок про те, що при всебічному стискуванні малодисперсні сипкі харчові продукти є нелінійно-пружними матеріалами. Виявлені залежності можуть бути використані при рішенні задачі ущільнення сипких матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бишоп А. У., Хенкель Л. Д. Определение свойств грунтов в трехосных испытаниях. — М.: Госстройиздат, 1961. — 231 с.
2. Чаповский Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. — М. Наука, 1975. — 303 с.
3. Рекомендации по методам определения коэффициентов бокового давления и поперечного расширения глинистых грунтов. — М.: 1978. — 47 с.
4. Модули упругости пшеницы. Л. И. Карнаушенко, В. Г. Цынгальевский, Н. К. Корнев. — Изв. вузов, Пищевая технология, 1978, № 6, с. 101.
5. Орнатский Н. В. Механика грунтов. — М.: Изд-во Моск. университета, 1962. — 467 с.
6. Вопросы механики грунтов /Х. А. Рахматуллин, А. Я. Самогонян, М. А. Алексеев. — М.: Изд-во МГУ, 1964. — 238 с.
7. Петров В. Н. Объемное порционное дозирование сыпучих пищевых продуктов под действием центробежных сил /Дисс. на соиск. ученой степени кандидата технических наук. — Одесса: 1982. — 180 с.
8. Науменко Н. В. Исследование напряженного состояния и структуры зерновой массы в силосах элеваторов. Автореферат дисс. на соискание ученой степени к.т.н. — Одесса: 1982. — 22 с.
9. А.с. № 947689 (СССР). Устройство для испытания сыпучих материалов /Петько В. Ф., Дударев И. Р., Петров В. Н., Католичук С. В. — Б. И. 1982, № 28.

10. Карнаушенко Л. И. Научные основы сдвига и слеживаемости сыпучих материалов в технологических процессах /Диссерт. д.т.н.; 05.18.12 — Процессы и аппараты пищевых производств.— Одесса, 1985.— 414 с.

11. Безухов Н. И. Теория упругости и пластичности.— М.: Гостехиздат, 1953.— 413 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ШВИДКОСТІ ВИТІКАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Л. И. Карнаушенко, С. Н. Павловський

При проектуванні високопродуктивного та надійного обладнання, розробці машин і апаратів, зв'язаних з акумулюванням, витіканням і дозуванням сипких матеріалів (СМ), необхідно забезпечити проектні і експлуатаційні підприємства повною інформацією про самий об'єкт переробки, тобто, про його фізико-механічні властивості.

У процесі зберігання СМ змінюється колоїдно-поверхнева взаємодія між частками СМ за рахунок збільшення сил міжмолекулярного притягання між ними, зростання аутогезії та інших факторів. При цьому міцність контактів між частками збільшується і СМ втрачають властивості текучості, які, в свою чергу, характеризують здатність СМ до витікання.

Однією з основних визначених технологічних характеристик СМ, від величини якої залежать ритмічність і безперебійність роботи вище зазначених процесів, є швидкість витікання сипких матеріалів — v .

Цілком імовірно, швидкість витікання v повинна залежати як від природи СМ, яка визначається його вихідними параметрами системи G , що включають фізико-механічні властивості самого СМ — G_1 і СМ з огорожуючою поверхнею — G_2 , так вхідними параметрами X , які можна умовно розділити на внутрішні X_1 , що визначають поведінку самого матеріалу, і зовнішні X_2 , що впливають на СМ.

До внутрішніх X_1 параметрів СМ віднесемо: гранулометричний і грануломорфологічний склад — d_i , вологість — W_i , густину речовини СМ — ρ , насипну густину — ρ_n , напружений стан матеріалу — σ_n , матеріал огорожуючої поверхні — його природу і ступінь обробки — M .

Таким чином:

$$X_1 = f(d_i, W_i, \rho, \rho_n, \sigma_n, M). \quad (1)$$

На сипкий матеріал діють і зовнішні фактори X_2 , які визначаються: зовнішнім зусиллям P дії маси вищележачих шарів на нижчележачі; часом B нахождения СМ в заданому напруженому

стані; вологістю W_i зовнішнього середовища; температурою t зовнішнього середовища; геометричними розмірами і конфігурацією Γ огорожуючої поверхні, де міститься СМ; зовнішню дією B — вібрацією, ударом і видом дії.

Стан СМ визначається його головними фізико-механічними властивостями — вихідними параметрами системи G , які включають фізико-механічні властивості самого сипкого матеріалу — G_1 і СМ з огорожуючою поверхнею G_2 .

До головних вихідних параметрів системи G_1 відносять: коефіцієнти внутрішнього тертя $f_n = \tan \varphi_n$, опір зсуву τ_n , початковий питомий опір зсуву τ_0 при $\sigma_n = 0$, питоме напруження склепіннеутворення σ_0 при $\sigma_n = 0$, коефіцієнт пористості e , коефіцієнт рухомості $m = \sigma_0 / \sigma_1$, питомий опір на розрив T , коефіцієнт склепіннеутворення $\kappa = \sigma_0 / \sigma_1$ і т. д.

До вихідних параметрів СМ з огорожуючою поверхнею G_2 відносять: коефіцієнт зовнішнього тертя $f_1 = \tan \varphi_1$, питомий опір зсуву СМ по огорожуючій поверхні τ_n і початковий питомий опір зсуву СМ по огорожуючій поверхні τ_{01} , питомий опір на відрив СМ від огорожуючої поверхні T і т. д.

Наближено, аналітичний взаємозв'язок швидкості витікання v з природою сипкого матеріалу, тобто його головними фізико-механічними властивостями, приймаємо при постійній зовнішній дії на бункер з СМ, тобто $t = \text{const}$, $B = \text{const}$ і т. д.

Теоретично швидкість витікання СМ визначається рівнянням:

$$v = \sqrt{2\sigma_{cp} / \rho_n}, \quad (2)$$

де: σ_n — насипна густина СМ;

σ_{cp} — середнє напруження СМ на площу випускного отвору.

Як відомо, середнє напруження, яке виникло під тиском вищележачого стовба СМ, що знаходиться над випускним отвором, величина не постійна і залежить від напруження склепіннеутворення σ_{01} , яке виникає в центрі випускного отвору, а також від напруження, яке виникає на межі розділу СМ з огорожуючою поверхнею — σ_{26} , тобто:

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{01} + \sigma_{26}}{2}. \quad (3)$$

Графічно цей стан СМ інтерпретується межею стану і колами Мора — межі напруги (рис. 1).

Сипкий матеріал до моменту відкриття випускного отвору під дією напруги, яка виникла під дією вищележачих шарів матеріалу, який знаходиться в напруженому стані, характеризується на межі стану точкою А.

У цей момент на дні випускного отвору, в його центрі, виникає вертикальна напруга σ_{AB} , а на межі розділу з боковими стінками — σ_{26} .

В момент випуску СМ, який знаходиться в напруженому стані, що характеризується на лінії межі рівноваги точкою Б, в ньому виникає напруга склепіннеутворення σ_{01} . Але треба відзначити, що ця величина залежить від того напруженого стану, в якому перебуває СМ до моменту випуску його із ємності. При цьому СМ начебто володіє «пам'яттю» того напруженого стану А, в якому він перебував до моменту випуску. Крім напруги склепіннеутворення σ_{01} на межі розділу СМ з дном і боковими стінками випускного отвору буде виникати напруга σ_{26} .

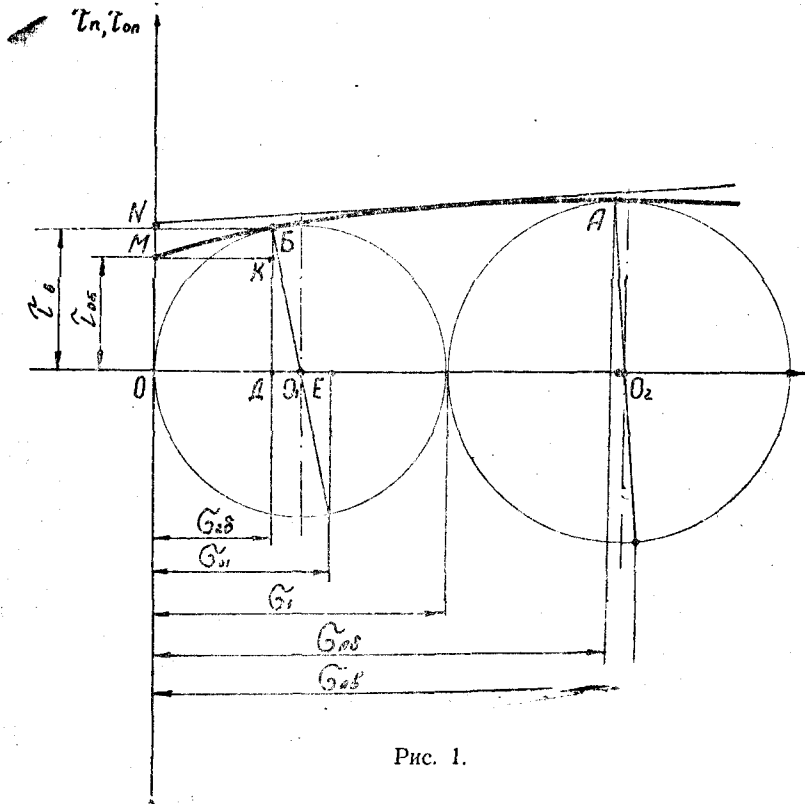


Рис. 1.

Тоді рівняння можна представити у такому вигляді:

$$\sigma_{cp} = OO_1 = \frac{OD + OE}{2} = \frac{\sigma_{26} + \sigma_{01}}{2}. \quad (4)$$

Припустимо, що величина напруги склепіннеутворення σ_{01} відома, спробуємо визначити величину $\sigma_{26} = OD$, враховуючи головні фізико-механічні властивості СМ.

Величина OD визначається з такої залежності:

$$OD = OE - DO_1 - O_1E. \quad (5)$$

Оскільки трикутники DBO_1 і O_1CE рівновеликі, з однаковим кутом φ , то $DO_1 = O_1E$ і рівняння (5) прийме вигляд:

$$OD = OE - 2DO_1. \quad (6)$$

По суті справи, OO_1 прирівнюється BO_1 , тоді для визначення величини DB скористаємось такою залежністю:

$$BD = DK + KD. \quad (7)$$

Величина DK відповідає величині початкового питомого опору зсуву в момент випуску СМ з ємності і залежить від того напруженого стану СМ, в якому він перебував до моменту початку випуску А.

Величину KB визначаємо із $\triangle KMB$. Відрізок MK дорівнює OD і по величині дорівнює σ_{26} . Тоді величина KB рівна:

$$KB = MK \cdot \operatorname{tg} \varphi = \sigma_{26} \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (8)$$

З іншого боку величина BD дорівнюється напрузі зсуву СМ в момент випуску, тобто напруженому стану СМ, який знаходиться в стані крайньої рівноваги в точці Б, тобто $BD = \tau$.

Підставивши відповідні значення параметрів СМ в рівняння (7), отримаємо:

$$BD = \tau + \sigma_{26} \operatorname{tg} \varphi. \quad (9)$$

Для визначення величини DO_1 скористаємось залежністю:

$$DO_1 = BD \operatorname{tg} \varphi. \quad (10)$$

Підставивши значення (9) в (10), одержимо:

$$DO_1 = (\tau_{OB} + \sigma_{26} \operatorname{tg} \varphi) \operatorname{tg} \varphi. \quad (11)$$

Значення σ_{26} , по величині рівне OD , визначається з такого відношення:

$$OD = OE - 2DO_1. \quad (12)$$

Підставивши відповідні значення DO_1 в рівняння (12), одержимо:

$$\sigma_{26} = \sigma_{01} - 2 \operatorname{tg} \varphi (\tau_{OB} + \sigma_{26} \operatorname{tg} \varphi). \quad (13)$$

Зробивши відповідні перетворення з рівнянням (13), одержимо:

$$\sigma_{26} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi) = \sigma_{01} - 2 \tau_{OB} \operatorname{tg} \varphi. \quad (14)$$

Дослідним шляхом можна визначити величину склепіннеутворення, яка є функцією попередньо напруженого стану σ_1 .

З работ (1, 2, 3) відомо, що величину коефіцієнту рухомості m , і склепіннеутворення κ визначають відношеннями:

$$m = \sigma_{26}/\sigma_1, \quad (15) \quad \kappa = \sigma_{01}/\sigma_1. \quad (16)$$

Поділивши рівняння 14 на величину σ_1 , одержимо:

$$m (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi) = \kappa - \frac{2 \tau_{OB} \operatorname{tg} \varphi}{\sigma_1}. \quad (17)$$

Тоді з рівняння (17) можна визначити значення τ_{OB} :

$$\tau_{OB} = \frac{\sigma_1 [\kappa - m (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi)]}{2 \operatorname{tg} \varphi} \quad (18)$$

Поділивши рівняння (18) на величину σ_{01} , одержимо:

$$\frac{\tau_{OB}}{\sigma_{01}} = \frac{\sigma_1 \sigma_0 [\kappa - m (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi)]}{2 \operatorname{tg} \varphi}. \quad (19)$$

Тоді з рівняння (19) можна визначити значення τ_{OB} :

$$\tau_{OB} = \frac{\sigma_{01} [1 - \frac{m}{\kappa} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi)]}{2 \operatorname{tg} \varphi} \quad (20)$$

Підставив значення (20) в рівняння (14) одержимо:

$$\sigma_{26} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi) = \sigma_{01} - \frac{2 \operatorname{tg} \varphi \sigma_{01} [1 - \frac{m}{\kappa} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi)]}{2 \operatorname{tg} \varphi} \quad (21)$$

Зробивши відповідні перетворення з рівнянням (21), одержимо:

$$\sigma_{26} = \sigma_{01} \frac{m}{\kappa}. \quad (22)$$

Для визначення величини σ_{cp} підставим значення (22) в рівняння (4):

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_0 (\kappa + m)}{2\kappa}. \quad (23)$$

Підставивши значення (23) в рівняння (2), одержимо:

$$v = \sqrt{\frac{\sigma_0 (\kappa + m)}{\rho_n \kappa}}. \quad (24)$$

Таким чином, швидкість витікання СМ при обмежних зовнішніх параметрах системи є функцією напруження склепіннеутворення σ_0 , коефіцієнта рухомості m і коефіцієнта склепіннеутворення κ .

Для дослідного підтвердження рівняння (24) визначалася швидкість витікання v для дрібнодисперсних і зернистих сипких матеріалів в залежності від величини бокового тиску σ_{26} і напруження склепіннеутворення σ_0 при різноманітних нормальних напружених станах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов.— М.: Машиностроение, 1964.— 250 с.
2. Карнаушенко Л. И. Научные основы сдвига и слеживаемости сыпучих материалов в технологических процессах: Автореферат дисс. . . . докт. техн. наук.— Одесса, 1986.— 45 с.
3. Осташевская Е. В. Разработка методов оценки сыпучести материалов: Автореферат дисс. . . . канд. техн. наук.— Одесса, 1988.
4. Катылов А. В. Теория и расчет истечения гранулированных и порошкообразных материалов: Автореферат дисс. . . . д.т.н.— Москва, 1989.— 32 с.
5. Архипенко В. П. Теоретические и экспериментальные данные выбросы сыпучих материалов из бункеров.— Донецк, 1990.— 17 с.
6. Дженике Э. В. Складирование и выпуск сыпучих материалов.— М.: Мир, 1968.— 162 с.

ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СОКУ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

А. В. Іваненко

Рослинна сировина містить групи речовин, які можуть забезпечити високу якість різних видів продукції. Клітинна будова та різний хімічний склад окремих груп клітин дозволяють проводити вибіркоче вилучення соку певного хімічного складу. Цьому сприяють і неоднакові механічні властивості окремих тканин. Існує тісний зв'язок між якістю продукції та характеристиками енергетичних витрат при переробці сировини [1, 2, 3].

Руйнування рослинних клітин спричиняє порушення складних процесів, які відбуваються в них, та пов'язане з впливом навколишнього середовища. Процеси подрібнення, обробки теплом та холодом, ферментативні процеси можуть здійснюватися з різними швидкостями та при різних градієнтах діючих сил. Це призводить до різних результатів щодо якості та собівартості продукції.

Відомо багато прикладів впливу інтенсивності механічної обробки сировини на якість продукції, проте систематичних дослідів та теоретичних узагальнень у цьому напрямку зроблено небагато. Такий стан технології в значній мірі утруднює створення нового технологічного устаткування та модернізацію існуючого. При кон-

струюванні технологічного обладнання потрібні відомості про оптимальні значення питомої потужності технологічних процесів. Це основний параметр, який зв'язує харчову технологію (переважно хімічну) та технологічне обладнання (машинобудування).

На цих засадах протягом тривалого часу аналізували деякі процеси переробки винограду та іншої рослинної сировини.

За діючою технологією виноград спочатку роздроблюють, відокремлюють ягоди і з одержаної мезги здобувають сік. На подрібнення витрачають значну кількість енергії за короткий проміжок часу, тобто процес подрібнення йде при високій питомій потужності (від 28 кВт/кг на валкових дробарках до 730 кВт/кг на відцентрових дробарках). Це значно впливає на якість соку — до нього потрапляє значна кількість дрібних часточок твердих компонентів гронів. Так, на відцентрових дробарках майже 40 % гребінців переходить у сік у вигляді дуже подрібнених часточок, які активізують дифузійні та окисні процеси. Під час перекачування мезги та відокремлення соку у шнекових стікачах мезга подрібнюється ще більше, внаслідок чого сік містить від 75 до 150 грамів твердих часточок у одному літрі. Це значною мірою погіршує якість продукції та збільшує витрати на наступних технологічних операціях.

Залишки соку (коло 25 дал/т) відокремлюють у шнекових пресах, в яких також витрачають багато енергії на тертя (майже 90 % енергії, що надходить до преса).

Наведений короткий аналіз процесів вказує на те, що сучасна технологія недостатньо враховує раціональне використання сировини та енергії [4, 5, 6].

Виходячи з положення про оптимальну питому потужність процесів з врахуванням класичної технології отримання шампанських вин у Франції, були суттєво змінені технологічні процеси та створене нове технологічне обладнання. Воно відповідає сучасним вимогам виробництва — висока продуктивність при мінімальних трудових та енергетичних витратах.

Сучасна потокова лінія ВПЛ-20 включає п'ять технологічних машин. Нова лінія складається всього з двох машин. Шоковий прес замінює приймальний бункер, відцентрову дробарку, мезгоприймач, мезговий насос та шнековий стікач. При цьому суттєво змінилися технологічні процеси та підвищилась якість соку.

Виноград у шоковий прес подають у вигляді гронів. У робочому просторі пресу грона стискають, періодично змінюючи тиск. У першу чергу руйнують найменш міцні, спілі ягоди, сік яких потрапляє у приймач, тобто тривалість контакту соку з киснем повітря мінімальна. У пресі ягоди тільки зпліщують, і кожна ягода виконує роль міністікача. Питома потужність процесу у такому пресі становить від 6 до 40 Вт/кг.

Значне зменшення питомої потужності процесу призвело до покращення якості соків та вин. Кількість у соці зважених часточок зменшено до 25—40 г/л. Колір соку замість жовтого та навіть бурого став жовто-зеленим, що вказує на менший ступінь його окислення. Зміни сталися також у складі та структурі зважених часточок, що знайшло відображення у процесах осідання їх та процесах бродіння. Сік типової лінії відстоюють 10—12 годин. При цьому виникає шар часточок, що плавають, та шар часточок, що осідають. Сік прозорий лише посередині. Осідання часточок у соці, який одержано на шоковому пресі, закінчується за 30 хвилин. Тверді часточки осідають вниз і займають коло 10 % об'єму, в той час як на промисловій лінії цей об'єм досягає 20 і навіть 30 %. Цей фактор значно поліпшує загальні показники нової технології [7, 8, 9].

Вищенаведені положення про питому потужність процесів дають змогу більш обґрунтовано підійти до поняття продуктивності технологічного обладнання.

$$\Pi = \frac{VK_0 \varepsilon_n m p_v}{(\varepsilon_n - \varepsilon_k) \frac{w}{w_1}}$$

- де: V — об'єм робочого простору пресу;
 K_0 — константа максимальної швидкості соковідділення (при максимально допустимій питомій потужності), C^{-1} ;
 ε_n — початковий вміст соку у винограді;
 m — коефіцієнт стискання сировини (відношення об'єму сировини до об'єму вичавок);
 ε_k — кінцевий вміст соку;
 w — питома потужність за вимогами технологічного процесу, кВт/кг;
 w_1 — дійсна питома потужність процесу, кВт/кг;
 p_v — щільність винограду, kg/m^3 .

Застосування пульсаційного пресування, при якому відбувається пружне розширення маси та збільшення дренажних каналів, сприяє збільшенню K_0 при низьких значеннях питомої потужності процесу.

Принцип оптимізації питомої потужності процесів знаходить відображення також на останньому етапі переробки винограду — шнековому пресі. Згідно з теоретичними та експериментальними дослідженнями знизити питому потужність процесів та підвищити якість продукції можна такими шляхами. Мезгу у прес слід подавати якомога з меншим вмістом соку, тобто ретельніше відокремлювати сік у стікачах — це приводить до підвищення механічних характеристик мезги і дозволяє підвищувати тиск при більш високому коефіцієнті корисної дії. Слід також максимально знизити швидкість процесів тертя на всіх ділянках пресу, нама-

гаючись досягти швидкостей, необхідних для початку руйнування клітин. На жаль, у практиці ці швидкості значно перевищують необхідні.

Основним висновком наших досліджень є положення про те, що якість продукції можна підвищити за рахунок оптимізації питомої потужності переробки сировини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобкова Л. М. Исследование влияния физико-химических и биологических показателей суслу на качество столовых белых вин: Автореф. канд. техн. наук.— Одесса, 1974.— 28 с.
2. Буренков Н. А. Интенсификация технологических процессов в пищевой промышленности при помощи низкочастотных колебаний.— Киев, Техніка, 1969.— 194 с.
3. Бывшев В. Ф., Валушко Г. Г., Тарасенко А. Т. Действие взвесей на качество вина.— Виноделие и виноградарство СССР. 1971, № 4, с. 13—16.
4. Важный фактор улучшения качества продукции /А. В. Иваненко, С. В. Касько, Ю. Н. Ртишев, Ю. Г. Мадан.— Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1980, № 6.— 35 с.
5. Гельгар Л. Л., Тихонов В. П. Прессы для винодельческой промышленности.— М.: Пищевая пром-сть, 1977.— 104 с.
6. Иваненко А. В. Влияние скорости извлечения суслу на его качество.— Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. 1978, № 11, с. 32—35.
7. Иваненко А. В. Дожимной пресс для винограда К1-ВПС-20.— Одесса: ОЦТИ, 1979.— 3 с. (Информац. листок) (Одесск. ЦНТИ № 158—79).
8. Иваненко А. В. Затраты энергии в процессе переработки винограда на шнековых прессах.— Харчова промисловість. Респ. міжвід. наук.— техн. зб., 1971, № 12, с. 91—95.
9. Иваненко А. В. Процессы и аппаратное оформление извлечения соков из растительного сырья: Автореферат докт. техн. наук.— Одесса, 1982.— 51 с.
10. Иваненко А. В. Оборудование для переработки сочного растительного сырья: Учебное пособие.— К.: УМК ВО, 1989.— 108 с.

КІНЕТИКА ОСАДЖЕННЯ І РОЗЧИНЕННЯ ПИЛУ ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ НА ПОВЕРХНІ УТИЛІЗАТОРА

С. Г. Терзієв, С. М. Перетяка, В. Я. Гамоліч, О. Г. Бурдо

У технологіях виробництва цукру, сухого молока, розчинної кави і т. п. з відпрацьованим сушильним агентом в атмосферу викидається чимала кількість теплоти та пилу продукту. Тому розробка безвідхідних технологій цих виробництв зв'язана з пошуком ефективних методів та засобів витягання цінних компонентів і утилізації теплоти з пилоповітряного потоку. У схемах утилізації теплоти вологого та запиленого потоку віддається перевага застоюванню теплообмінників на теплових трубах (ТТ) [1, 2, 3]. Проек-

тування таких систем утилізації повинно ґрунтуватися на точних кінетичних закономірностях процесу утворення шару забруднень та розчинення відкладень пилу харчового продукту при парціальній конденсації водяних парів на поверхні ТТ. Відомості про ці процеси обмежені та суперечні [4, 5], що визначило необхідність поставки цих досліджень.

Математична модель процесу осідання пилу харчового продукту на поверхні ТТ побудована на гіпотезі пропорційності концентрації частинок C , швидкості набігаючого потоку W та запасу маси осадження Δm . Причому, Δm визначається як різниця найбільшої маси осадження m_∞ та маси осадження m в момент τ . Математичний запис цієї гіпотези має вигляд:

$$\frac{dm}{d\tau} = KCW (m_\infty - m), \quad (1)$$

звідки після інтегрування одержимо:

$$m = m_\infty [1 - \exp(-KCW\tau)], \quad (2)$$

Товщина осілого шару δ значно менша за радіус труби (у випадку оребрення теплової труби будемо говорити про еквівалентний радіус $\bar{R}$). За таких умов справедливій рівності:

$$m = 2\pi RL\delta\rho; \quad m_\infty = 2\pi \bar{R}L\delta_\infty\rho. \quad (3)$$

Тут L — довжина труби, ρ — густина осілого шару пилу.

Після введення виразу m та m_∞ в формулу (2) одержуємо функцію:

$$\delta = \delta_\infty [1 - \exp(-KCW\tau)]. \quad (4)$$

Рівняння кінетики на межі осілого шару та набігаючого потоку збігається з рівнянням в наближенні межового шару. Слідом за цією аналогією можна припустити, подібно до теорії межового шару, рівність:

$$\frac{\delta}{R} = \frac{K_0}{Re} \quad (K_0 = \text{const}). \quad (5)$$

З останніх двох рівностей знайдемо закон збільшення шару осідання пилу на поверхні ТТ при обтіканні її поперечним пилоповітряним потоком:

$$\delta = K_0 \sqrt{\frac{Rv}{w}} [1 - \exp(-KCW\tau)]. \quad (6)$$

У співвідношеннях (5), (6) Re — число Рейнольдса, v — в'язкість потоку.

Формула (6) утримує одну незалежну змінну τ , один конструктивний параметр R , три параметри потоку (C , v W) і два емпіричних коефіцієнта (K і K_0). Для кожного технологічного режиму в умовах конкретного виробництва значення R , C , v і W виникають постійними і рівність (7) приймає вигляд:

$$\delta = A (1 - e^{-B\tau}). \quad (7)$$

Виробничі дослідження кінетики осідання кавового пилу з пилоповітряного потоку проводились на Одеському комбінаті харчових концентратів при додержанні єдиного технологічного режиму, коли $C = \text{const}$, $v = \text{const}$, $W = \text{const}$, що дозволяє знайти значення A і B в рівності (7), а потім K і K_0 в (6). При цьому методика експериментальних досліджень складалася з таких етапів:

1. Напилення ТТ в пилоповітряному потоці в умовах виробництва розчинної кави.

2. Зваження напиленої ТТ.

3. Побудування епюр осідання пилу в залежності від кутової координати φ та часу τ . Такі епюри одержано за допомогою проектору РНУЛАТЕХ шляхом послідовних поворотів ТТ навколо осі на 45° . У чотирьох перетинах ТТ одержано 8 пилкообразних проекцій.

4. Вимірювання за допомогою планіметра КІ-3 площі проекції напиленої ТТ на ребрах та в міжреберному просторі.

5. Розрахунок середньої товщини налипання пилу δ (φ , τ) в різних осьових перетинах труби.

6. Розрахунок середньої товщини налипання пилу δ на ТТ.

Візуальне обстеження поверхні труби після її перебудування в пилоповітряному потоці показало, що товщина шару напилення продукту, як і слід чекати, розподіляється нерівномірно по периметру труби. Це пояснюється не тільки поперечним розміщенням труби відносно швидкості потоку, але й геометричною формою її ребер. Візуальне дослідження осьових епюр осідання пилу дозволяє судити також про форму поперечних перетинань напиленої поверхні ТТ.

Практичним результатом проведених досліджень є також обрuntuвання методики розрахунку залежності від часу термічного опору R_3 відкладень продукту на поверхні труби теплоутилізатора:

$$R_3 = \frac{K_0}{\lambda_3} \sqrt{\frac{Rv}{w}} [1 - \exp(-KCW\tau)] \quad (8)$$

(λ_3 — коефіцієнт теплопроводності відкладень).

Результат експериментальних досліджень (по етапу 1) та обробку дослідних даних (по етапам 2, 3, 4) представлено в табл. 1.

Таблиця 1

τ (доба)	0,3	1	3	5	9,5	14	16,7
δ (мм)	0,03	0,11	0,20	0,37	5,0	0,57	0,60
m (г)	1,5	2,7	11,8	16	22	24	27

На рис. показано динаміку відкладення кавового типу на орєбреній теплової трубі. Отже, можна рекомендувати співвідношення для розрахунку середньої товщини шару пилу:

$$\delta = 0,63 [1 - \exp(-75 \cdot 10^{-4} \tau)]. \quad (9)$$

Експериментальні значення $\delta_\infty(\varphi)$ добре описуються квадратичною параболою, що після обробки дослідних даних дає функцію граничних значень локальної товщини:

$$\delta_\infty(\varphi) = 1,3 - \frac{4,1}{\pi} \varphi + \frac{3,6}{\pi^2} \varphi^2. \quad (10)$$

Процеси розчинення кавового пилу при парціальній конденсації водяних парів вивчалися на стенді, який являє собою повітряпровід, де встановлюються випробувана теплова труба, калорифер, парогенератор, системи охолодження, вентилятор. Стенд дозволяє регулювати параметри повітряного потоку в широкому діапазоні: швидкість $W = (2 \dots 20)$ м/с, вологоутримання $d = (6 \dots 40)$ г/кг, температура $t_a = (20 \dots 80)^\circ\text{C}$. Система охолодження конденсатора теплової труби забезпечувала витрати холодної води $(0,001 \dots 0,004)$ кг/с при температурі $t = (5 \dots 12)^\circ\text{C}$. На поверхні теплової труби та у повітряному потоці температури вимірювались мідь — константановими термопарами в комплекті з цифровими мікровольтметрами Ш-68003 та цифродрукуючим пристроєм Ш-68000К. Відлік часу здійснювався по таймеру Ф4842. Витрати води, що охолоджує конденсатор, вимірювали ваговим методом. Витрати повітря визначали за допомогою колектора, вологоутримання потоку до та після теплової труби — оригінальним термометричним психрометром.

В результаті дослідів визначились значення термічного опору тепловіддачі вологого потоку до запиленої кавовим пилом теплової труби. Установлено, що процес парціальної конденсації виявляється могутнім механізмом для очищення забрудненої поверхні. Про це свідчать й об'єктивні вимірювання величини термічних опорів, які знижувались в 1,5...2 рази. Причому, головну роль відіграє не ступінь запиленості теплової труби, не швидкість повітря, а його вологоутримання.

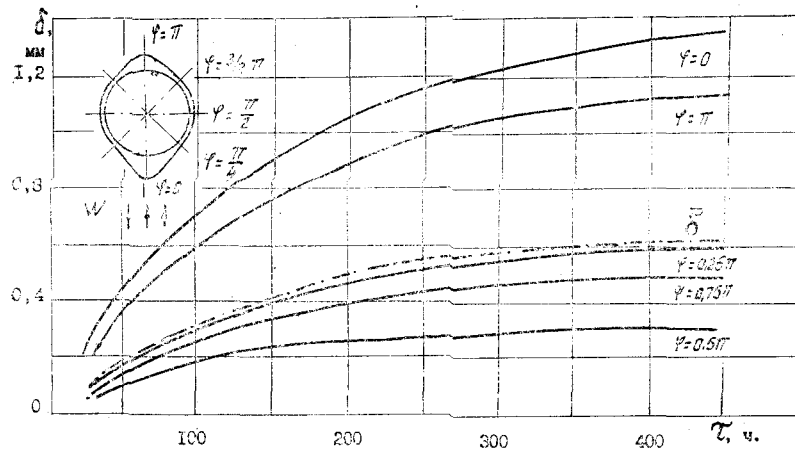


Рис. 1.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано асимптотичну модель процесу осідання пилу харчового продукту на поверхні труби.
2. Одержано співвідношення (9) для розрахунку середньої товщини шару кавового пилу, осілого на трубі.
3. Розрахунок δ для інших видів пилу може бути здійснений після використання відповідних значень s , v , w і визначення констант K_0 та K в рівнянні (6).
4. Визначну роль в процесі розчинення пилу харчового продукту при конденсації водяних парів відіграє вологоутримання газового потоку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Теплообменники-утилизаторы на тепловых трубах. /Васильев Л. Л., Киселев В. Г., Матвеев Ю. Н., Молодкин Ф. Ф.— Минск: Наука и техника. 1987.— 200 с.
2. Гинсбург А. С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности.— М.: Агропромиздат. 1985.— 336 с.
3. Бурдо О. Г., Крицкий В. И., Коновалов С. В. Испытания термосифонного воздухоподогревателя. /Пром. энергетика. 1990.— № 5.— С. 31—32.
4. Справочник по теплообменникам.— М.: Энергопромиздат. 1987.— 560 с.
5. Маньковский О. Н., Толчинский А. Р., Александров М. В. Теплообменная аппаратура химических производств. /Химия.— 1976.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВИХ РІДИН МЕТОДОМ БЛОЧНОГО ВИМОРОЖУВАННЯ

О. Г. Бурдо, В. П. Мординський, Аль-згул Бассам

Технологія концентрування рідких харчових продуктів методом блочного виморожування води (1) містить в собі 3 етапи: формування блока кристалів льоду (кристалізація), знімання блока льоду з поверхні кристалізатора (відтавання) і дренаж розчину високої концентрації з блока (сепарування). Головними параметрами кожного етапу виявляються час і температура. На першому і третьому етапах отримують продукт з концентрацією $C_{ж}$. Причому, необхідне значення кінцевої концентрації продукту $C_{жк}$ можна досягти як при одноступінчастому концентруванні, так і в N ступенях. Скорочення тривалості етапів призводить до зростання енергозатрат процесу кріоконцентрування. Кількість ступенів концентрування визначає енергозатрати та вартість обладнання. Таким чином, можна поставити задачу техніко-економічної оптимізації технологічних процесів, розглядаючи як цільову функцію прибуток, який визначається з одного боку сумарними затратами

$$И = \sum_{i=1}^N (Z_{\text{э}})_{\text{кр}} + \sum_{i=1}^N (Z_{\text{э}})_{\text{от}} + \sum_{i=1}^N (Z_{\text{э}})_{\text{сп}}, \quad (1)$$

а з другого боку — вартістю отриманих концентратів та втрати продукту з льодом:

$$Z_{\text{п}} = \sum_{i=1}^N (G_{\text{п}} Z_{\text{п}})_{\text{кр}} + \sum_{i=1}^N (G_{\text{п}} Z_{\text{п}})_{\text{от}} - \sum_{i=1}^N (G_{\text{л}} Z)_{\text{от}}. \quad (2)$$

У рівнянні (2) $G_{\text{п}}$ — вихід продукту з концентрацією $C_{\text{п}}$, $Z_{\text{п}}$ — вартість концентрата, яка визначається величиною $C_{\text{п}}$.

Витрата енергії на стадіях кристалізації $(Z_{\text{э}})_{\text{кр}}$, відтавання $(Z)_{\text{от}}$ та сепарування залежить від температурного режиму та тривалості етапу. Зниження температури поверхні кристалізатора ($t_{\text{л}}$) на першому етапі призводить до зростання необхідної для здійснювання холодильного циклу потужності, але скорочує тривалість етапу. Водночас із збільшенням швидкості росту блоку льоду зниження температури призводить до підвищення концентрації, тобто до подорожчання готового продукту.

Таким чином, техніко-економічна оптимізація технологічних процесів базується на спільному розгляді енергетичних характеристик холодильного циклу, продуктивності на етапі вирощування льоду та на стадії сепарування.

Окремою задачею оптимізації є вибір форми кристалізатора. Процес вирощування блока льоду на пластинчастих і барабанних кристалізаторах зумовлюється тільки термічним опором блоку льоду. Збільшення товщини блоку спричиняє збільшення термічного опору льоду $R_{\text{л}}$ і збільшення сумарного термічного опору процесу теплопередачі системи «рідина—лід—кристалізатор» $R_{\text{с}}$. Це зв'язано з тим, що термічний опір тепловіддачі з боку рідини практично не змінюється.

На стрижневих та галчастих кристалізаторах процес вирощування блока можна організувати в такий спосіб, щоб із збільшенням $R_{\text{л}}$ величина $R_{\text{с}}$ зменшувалась, в зв'язку із зменшенням $R_{\text{ж}}$:

$$R_{\text{с}} = \frac{1}{2\lambda_{\text{л}}} \ln \frac{d_{\text{л}}}{d_{\text{и}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ж}} d_{\text{л}}} \quad (3)$$

Критичний діаметр блоку $d_{\text{кр}}$, який відповідає мінімуму функції $R_{\text{с}} = f(d_{\text{л}})$, виявляється із умови $B_1 = (\lambda_{\text{ж}} d_{\text{кр}} / \lambda_{\text{л}}) = 2$. При $d_{\text{л}} < d_{\text{кр}}$ із збільшенням $d_{\text{л}}$ буде збільшуватись тепловий потік (q), який досягне максимуму при $d_{\text{л}} = d_{\text{кр}}$. Подальше збільшення $d_{\text{л}}$ приводить до плавного зниження q .

На ПЕОМ виконано розрахунки $R_{\text{л}}$, $R_{\text{ж}}$, $R_{\text{с}}$, q при значеннях діаметрів кристалізаторів $d_{\text{и}} = (6; 8; 18; 28; 47; 56)$ мм, діаметрів ємкості концентратора $d_{\text{к}} = (100; 150)$ мм, висоти блока льоду $H = (0,3; 0,4; 0,69)$ м і значенні $t_{\text{и}} = (-5; -10; -20)^{\circ}\text{C}$.

Для визначення $\alpha_{\text{ж}}$ використовувались рекомендації (2):

$$Nu = 0,364 [Ra f(P_r)]^{0,25} [\Phi(R_a, H/d_{\text{л}})]^{-1},$$

$$\text{де } f(P_r) = 1 + \left(\frac{0,5}{P_r}\right)^{0,56}; \quad (4)$$

$$\Phi(R_a, H/d_{\text{л}}) = \left[1 + \frac{0,231}{[Ra (H/d_{\text{л}})^4]^{1/4}}\right]^2.$$

Співвідношення (4) задовільно враховує специфіку тепловіддачі від рідини до поверхні льоду у вузькому кільцевому зазорі. Визначальним розміром при обчислюванні чисел Nu і R_a є висота кільцевого зазору, висота блока льоду H .

Розрахунки показали, що при $d_{\text{к}} = 100$ мм максимальні значення q не досягаються. Тому основний аналіз проведено для $d_{\text{к}} = 150$ мм. Визначався тепловий потік, віднесений до одиниці довжини кристалізатора і до одиниці поверхні ($q_{\text{ф}}$). Звичайно, що із збільшенням $d_{\text{и}}$ збільшується $q_{\text{л}}$. Так, збільшення $d_{\text{и}}$ від 6 до 56 мм привело до збільшення $q_{\text{л}}$ у 2,3 рази. Але величина $q_{\text{ф}}$ збільшується із зменшенням $d_{\text{и}}$ (рис. 1).

Кінетичні закономірності тепломасопереносу при блочному вимороженні води з екстрактів, соків, молочної сироватки вивчались

Залежність $q_{\text{ф}} = f(d_{\text{и}}, \delta_{\text{л}})$ при $t_{\text{и}} = -5^{\circ}\text{C}$

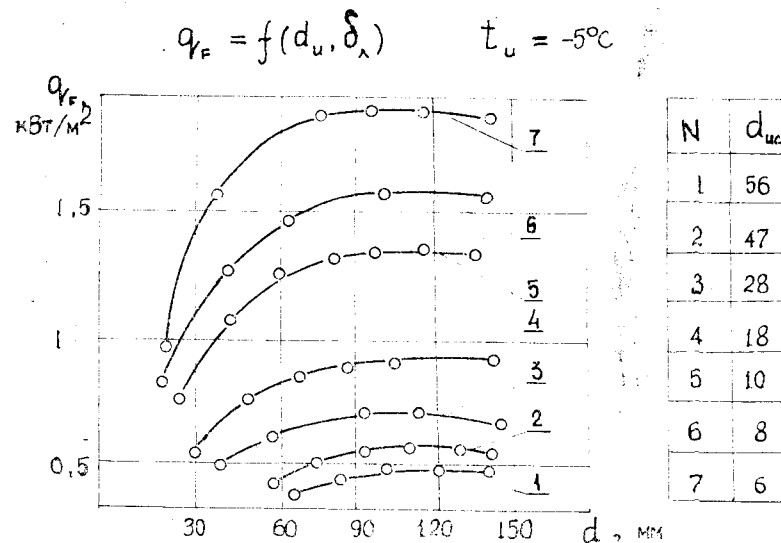


Рис. 1.

експериментально. Досліди проводились на 5 установках, які відрізнялися системою холодопостачання, конструктивно, параметрами стрижневих кристалізаторів та розмірами ємкості концентратора (табл. 1).

Таблиця 1

Основні характеристики експериментальних установок

№ установки	Кристалізатор				Холодильна система
	Тип	Спосіб відведення тепла	Радіус, мм	Висота, мм	
1	Трубка Фільда	Холодоносій	23	200	ВДО-0,35
2	»	»	10	200	ВДО-0,35
3	»	»	18	200	ВДО-0,35
4	Стрижневий кристалізатор	R-12	47	420	KX-0,25
5	»	R-12	47	850	KX-0,25

У дослідях вимірювалися за допомогою мідно-константанових термопар та цифрового мікрровольтметра Ш-300 температури поверхні кристалізатора та рідини. Вимірювалися поточні $d_{\text{л}}$, h , об'єм рідини $v_{\text{ж}}$. Характеристика об'єму експериментальних досліджень зведена в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика об'єму експериментальних досліджень

№ пп	Параметри	Одиниця виміру	Позначення	Діапазон виміру
1	Початкова концентрація СР	кг/кг	$C_{ж0}$	0,04 ... 0,22
2	Кінцева концентрація СР	кг/кг	$C_{жк}$	0,3 ... 0,5
3	Температура поверхні кристалізатора	°C	t_u	-1 ... -20
4	Температура розчину	°C	$t_{ж}$	-1 ... 10
5	Тривалість процесу	с	τ	1000 ... 19 000

В результаті встановлено функціональні залежності $d_{л}=f(d_u, t_u, \tau)$; $C_{ж}=f(d_u, d_{л}, t_u)$. Визначено інтенсивність виморожування M [кг/м²·с] як функцію початкової концентрації розчину, параметрів $d_{л}$, t_u , d_u . Деякі кінетичні закономірності формування блока при концентруванні сирної сироватки приведено на рис. 2.

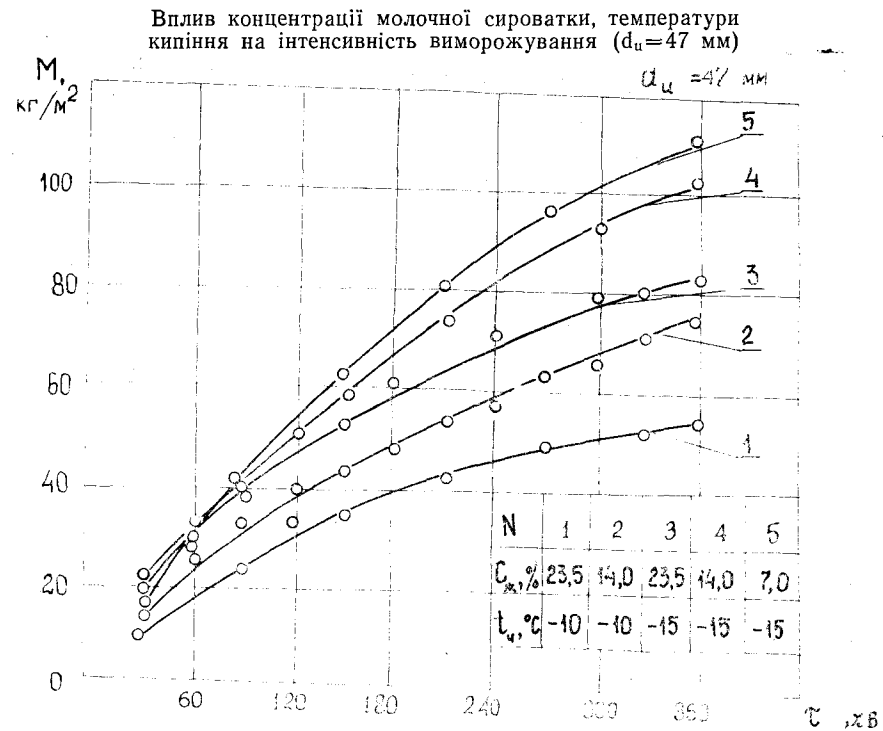


Рис. 2.

Отримані експериментальні дані дозволяють розрахувати коефіцієнти масопереносу для різних конструктивних варіантів стрижневих кристалізаторів та режимів концентрування. Дальше узагальнення масиву експериментальних даних можливо у вигляді залежностей чисел Шервуда від числа Грасгофа і Шмідта. Ці співвідношення будуть використовуватися для обґрунтованого вибору геометричних параметрів концентратора та аналізу техніко-економічних характеристик процесу концентрування. До того ж, можливо поставити завдання оптимізації процесу формування блока льоду, процесу сепарування, виявлення щонайменшого часу окремих етапів, тривалості циклу та всього процесу, щонайменших енергозатрат або визначити конструкцію та режими, які забезпечували б максимальний прибуток. В окремих випадках можливо формулювання як допоміжного або головного критерію оптимізації якісного показника процесу: пористість блока льоду. Зменшення пористості властиве для процесу більш густого упакування кристалів льоду, тобто відповідає більш якісному розділенню концентратора та розчинника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гришин М. А., Бурдо О. Г., Атлуханов Ф. Р. Криоконцентрирование молочного сырья /Молочная и мясная пром., 1990, № 6, с. 42—43.
2. Справочник по теплообменникам: Т. 1 /Пер. с англ., под ред. Б. С. Петухова — М.: Энергоатомиздат, 1987.— 560 с.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ АСПЕКТИ КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНОГО РУЙНУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Л. М. Петров, А. П. Олік, О. Ю. Калінков,
В. М. Тищенко, А. І. Маркіна

Для розробки ефективних методів захисту металів від корозійно-механічного руйнування (корозійне розтріскування, корозійна втома), необхідно сформулювати перед усім основи механохімічної теорії цього виду руйнування.

Детальний аналіз корозійно-механічного руйнування (КМР), проведений нами, дозволяє вважати, що розвиток корозійно-механічних тріщин може проходити в два етапи:

1. Етап електрохімічний. На цьому етапі інтенсивність механічних напружень у вершині тріщини (кількісно характеризується коефіцієнтом інтенсивності механічних напружень K_I) ще недостатня для механічного руйнування металу. І розвиток тріщини проходить виключно по електрохімічному механізмі під впливом механохімічної активації металу вершини тріщини. Останнє зумов-

лює більшу швидкість розчинення металу у вершині тріщини в порівнянні з її берегами, вслід чого тріщина чисто корозійно заглиблюється в метал.

2. Етап механохімічний, коли розвиток тріщини відбувається одночасно по двом механізмам; по чисто механічному і по чисто хімічному, точніше — електрохімічному. Цей етап проходить стрибкоподібно. У момент максимума нагрузки або поблизу нього реалізується скачок тріщини (розрив металу) на величину Δl_m . Після механічного скачка тріщини по місцю розриву в її вершині утворюється досить корозійноактивна свіжеутворена поверхня (СУП), на якій і локалізується процес активного електрохімічного розчинення металу, вслід чого тріщина заглиблюється ще на величину Δl_k .

В результаті проходження активних електрохімічних процесів у тріщині формується градієнт концентрації електроліта по її довжині, а також відбувається зміна рН, тобто склад середовища в тріщині суттєво змінюється. В тріщині формуються та працюють різні гальванічні елементи, що викликають інтенсивну корозію наводнювання. Створюється специфічна електрохімічна ситуація, що суттєво впливає на кінетику електрохімічних процесів в тріщині.

Для розробки основ теорії КМР необхідно знати, як мінімум, таке:

- який механізм електрохімічних процесів діє в тріщині;
- як впливає наводнювання, що окрихчує метал, на проходження електрохімічних процесів у тріщині;
- як впливають механічні напруження (деформації) у вершині тріщини на термодинаміку та кінетику електрохімічних процесів в тріщинах.

Усі дослідники, що розглядали раніше механізм КМР, фактично проходили мимо зазначених питань. Зокрема, було постульовано концепцію, згідно з якою величина рН середовища і значення електродного потенціалу ϕ однозначно визначають швидкість електрохімічних процесів у тріщині (1).

Аналіз результатів електрохімічних досліджень, що проводились нами на зразках із сталей та суднобудівних алюмінієвих сплавів у 1980—1992 роках (2—5), дає підставу вважати, що основним механізмом проходження у тріщині електрохімічних процесів є робота там ряду корозійних короткозамкнутих гальванічних елементів. Це і є відповідь на перше із сформульованих питань. Характерно, якщо в цих елементах анодом стає власно вершина тріщини, то відбувається чисто корозійний або корозійно-механічний розвиток тріщини, якщо ж анод розповсюджується і на ближні стінки тріщини, то слід чекати делокалізації корозії. Останнє приведе до затуплення тріщини, зменшення рівня K_I і, як наслідок, до гальмування росту тріщини та, можливо, до повної зупинки розвитку тріщини.

Враховуючи вище сказане, виділимо найбільш важливі гальванічні елементи (ГЕ) в тріщині, проаналізуємо залежність їх електрорушуючої сили (ЕРС) E від K_I . Як видно з робіт [2, 5, 6] основними ГЕ, що працюють в тріщині, є деформаційний ГЕ (гальванопара Еванса), водневий ГЕ (елемент диференційного наводнювання) та ГЕ з електродами СУП — «стара» поверхня. Густина струму даних ГЕ залежить від E , але залежність E від K_I проявляється в різних ГЕ по-різному. Спробуємо виявити та розглянути причини формування ГЕ, що визначають розвиток тріщини.

Сила корозійного струму ГЕ описується відомим законом Ома з тією тільки різницею, що загальний опір ланцюга складається з поляризаційного та омичного опорів.

В світі сучасних уявлень під ГЕ розуміється електрохімічна система (ланцюг) з двох електродів, що функціонують самостійно і генерують електричний струм внаслідок хімічних реакцій окислення та відновлення, які протікають на електродах окремо. Робота ГЕ можлива тільки в тому випадку, якщо в розімкнутому стані потенціали електродів різняться між собою. Різниця цих потенціалів визначає величину ЕРС гальванічного елемента. Таким чином, у випадку корозійно-механічної тріщини ЕРС ГЕ, що визначає хімічне заглиблення тріщини та окрихчує наводнювання, буде в свою чергу, визначатись деформаційно-водневим зміщенням значення електродного потенціала вершини тріщини у від'ємний бік. Крім того, СУП, що виникає у вершині тріщини після її стрибка, має значення електродного потенціала, суттєво більш від'ємне, ніж потенціал «старої» поверхні, що вносить свій вклад в формування ГЕ в тріщинах.

Підсумовуючи все сказане, можна, таким чином, вважати, що величина ЕРС ГЕ в тріщині, характеризуюча максимальну роботу там електрохімічних процесів, залежить від деформаційно-водневого та СУП-ного зсування потенціала вершини тріщини у від'ємний бік.

Встановлене нами (6) існування так званого ГЕ диференційного наводнювання дає, по суті, відповідь на друге з сформульованих питань, тобто на питання про роль водню (наводнювання) в електрохімічних процесах у тріщині. Таким чином, абсорбований металом водень, накопичуючись, як відомо (2), в зоні найбільших розтягуючих напружень перед вершиною тріщини, сприяє її розвитку двояко:

— окрихчуючи метал у вершині тріщини, знижує собою механічний опір;

— формуючи в тріщині водневий ГЕ, обумовлює інтенсифікацію корозії металу вершини тріщини, тобто знижує там хімічний (корозійний) опір металу.

Розглянемо тепер останнє з перелічених нами вище питань механізму КМР металів, тобто питання про інтенсифікацію корозії

та наводнювання під впливом механічних напружень (деформацій) металу в вершині тріщини.

Враховуючи, що інтенсифікація та локалізація електрохімічних процесів навколо вершини тріщини зв'язана з напружено-деформованим станом металу в вершині тріщини, розглянемо, як рівень K_I впливає на напруження безпосередньо у вершині тріщини.

Відомо, що для випадку плоскої деформації K_I описується рівнянням:

$$K_I = \sigma_n \sqrt{\frac{\pi l}{1 - \nu^2}}$$

де: σ_n — напруження, що прикладене до зразка з тріщиною;

l — довжина (глибина) тріщини;

ν — коефіцієнт Пуассона.

Відоме також рівняння, що зв'язує σ_m , тобто максимальне головне напруження у вершині тріщини, з напруженням, що прикладене до зразка (2):

$$\sigma_m = \sigma_n \left(1 + 2 \sqrt{\frac{1}{\rho}}\right),$$

тут ρ — радіус затуплення тріщини.

Виходячи з даних рівнянь, для σ_m отримаємо:

$$\sigma_m = \frac{K_I}{\sqrt{\frac{\pi l}{1 - \nu^2}}} \left(1 + 2 \sqrt{\frac{1}{\rho}}\right).$$

З останнього рівняння виходить, що σ_m , яке зумовлює локалізацію та інтенсифікацію корозійних електрохімічних процесів в тріщині, внаслідок роботи там диференційного ГЕ, обумовлене, в свою чергу, величиною K_I . Таким чином, є всі підстави вважати, що інтенсивність електрохімічних процесів навколо вершини тріщини, яка залежить від напруженого стану металу безпосередньо в вершині, характеризується величиною K_I .

Механічний вплив на метал вершини тріщини, як нами було показано раніше (5), зменшуючи його ентропію і підвищуючи енタルпію, зміщує значення потенціалу металу в від'ємну сторону, роблячи його більш анодним, що формує в тріщині корозійні гальванічні елементи.

Як було показано, в проходженні електрохімічних процесів у вершині суттєву роль відіграє ГЕ диференційного наводнювання або ЕДН. Формування даного ГЕ обумовлене тим, що абсорбований металом водень дифундує в область максимальних триосних напружень перед вершиною тріщини, де його об'ємна концентрація суттєво вище, ніж в ненапруженому металі. Оскільки область підвищених напружень захоплює і безпосередньо вершину тріщини, є всі підстави вважати, що об'ємна концентрація водню без-

посередньо у вершині хоч і менша, ніж в зоні максимальних триосних напружень перед вершиною, але ж багато більша, ніж у берегах тріщини. Звідси витікає, що анодом ЕДН в тріщині повинна бути її вершина як наводнена суттєво більше, ніж стінки (5).

На чисто корозійному етапі розвитку тріщини ріст K_I , збільшуючи напружений стан у вершині тріщини, сприяє притоку туди водню, стимулюючи роботу ЕДН. Отже, можна вважати, що на чисто корозійному етапі розвитку тріщини, коли вона зростає тільки за рахунок розчинення металу у вершині, ЕРС ЕДН в тріщині також є певною функцією K_I . Таким чином, інтенсивність електрохімічних процесів у тріщині, тобто ЕРС ГЕ визначається величиною K_I .

На етапі, коли тріщини корозійного руйнування розвиваються стрибкоподібно за механізмом водневого окрихчення, картина функціональної залежності інтенсивності електрохімічних процесів від K_I суттєво змінюється. На даному етапі проходження електрохімічних процесів у тріщині визначається роботою ГЕ з електродами: наводнена та напружена СУП — «стара» поверхня. По суті, в тріщині функціонує комбінований ГЕ, ЕРС якого формується під впливом трьох дій: деформація (напруження), наводнювання і оголення металу. Внаслідок утворення СУП в перші миті після стрибка головну роль відіграє елемент СУП — «стара» поверхня, а потім він передає «естафету» ЕДН. Вклад деформаційної складової частини незначний, оскільки ЕДС останнього ГЕ суттєво менше, ніж ЕДС ЕДН.

Залежність властивостей СУП від K_I уявляється нам досить складною, тому що стрибок тріщини з утворенням СУП відбувається в мить реалізації критичної комбінації: рівень K_I — об'ємна концентрація водню в зоні перед вершиною тріщини. З ростом K_I в цій комбінації доля водневого фактору знижується. Отже, з ростом K_I буде утворюватись СУП вже з новими властивостями: менш наводнена і утворена з менш окрихненого металу. Проведені нами дослідження показали, що наводнювання суттєво впливає на електрохімічні властивості СУП. При цьому вплив наводнювання на властивості СУП неоднозначний і вимагає дальшого поглибленого розглядання.

Таким чином, можна вважати, що з ростом K_I ЕРС комбінованого ГЕ (напружена та наводнена СУП — «стара» поверхня) в тріщині буде мінятися по якомусь закону. Значить, і на розглянутому етапі росту тріщини інтенсивність електрохімічних процесів буде також залежати від K_I .

Сила струму корозійних ГЕ залежить також від величин омичного опору розчину електроліта і від поляризаційного опору. Можна вважати, що омичний опір розчину від K_I залежати не буде, в той же час залежність поляризаційного опору від K_I повинна мати місце.

Розглянемо, як може залежати поляризаційний опір від рівня K_1 , який визначає безпосередньо напружено-деформований стан вершини тріщини. Цей опір визначається захисними властивостями фазових плівок на поверхні металу, кінетику процесів окислення металу в випадку анодного процесу і відновлення водню — в випадку катодного. Крім того, поляризаційний опір залежить і від масопереносу в тріщині, визначаючого підведення реагентів та відведення продуктів реакції. Є підстава припустити, що рівень K_1 впливає на кінетику процесів окислення та відновлення і на властивості поверхневих плівок. Впливати на процеси масопереносу в тріщині K_1 , таким чином, не може.

Оскільки відомо, що побудування та властивості поверхневих плівок залежать від рівня напруженого стану металу (7, 8), є підстави вважати, що з ростом напруженого стану металу захисні властивості плівок знижуються. Є дані, що вказують на пониження поляризаційного опору анодного процесу, тобто процесу іонізації металу під дією розтягуючих напружень (8).

Таким чином, можна вважати, що з ростом K_1 поляризаційний опір анодного процесу у вершині тріщини знижується, тобто K_1 впливає не тільки на ЕРС ГЕ, але й на поляризуємість анодного процесу.

Ряд авторів пропонують оцінювати електрохімічну ситуацію в тріщині по величині рН розчину і електродного потенціалу металу навколо вершини тріщини (9). При цьому постулюється, що дані показники, однозначно характеризуючи проходження електрохімічних процесів у тріщині, визначають її механохімічне заглиблення.

Як вже зазначалось, у тріщині відбувається підкислення середовища, тобто накопичування іонів H^+ , одночасно йде процес відновлення водню, тобто вживання іонів H^+ . Концентрація водню в тріщині, що характеризується величиною рН, залежить від співвідношення швидкостей генерації та вживання іонів H^+ . Іншими словами, величина рН сама є функцією кінетичних характеристик процесів у тріщині і навряд чи може характеризувати електрохімічну ситуацію. Електродний потенціал металу навколо вершини тріщини є компромісним, тобто проміжним між потенціалами анодного та катодного процесів. Не являючи собою термодинамічний показник, електродний потенціал не характеризує електрохімічну ситуацію в тріщині, тому що сам є по суті, її функцією.

Враховуючи сказане, електрохімічну ситуацію в тріщині характеризують тільки два показники:

1. Іонна сила розчину в тріщині та її зміна по довжині тріщини.

2. Тип гальванічних елементів, що реалізуються в тріщині, та інтенсивність їх роботи (величина ЕРС).

Слід зазначити, що рН розчину електроліта в тріщині є одною з складових частин іонної сили розчину.

Резюмуючи сказане вище, можна зробити такі висновки:

1. Роль механічного фактору (напруження, деформація) зводиться не стільки до прискорення загальної корозії металу, скільки до деформаційної диференціації електрохімічних процесів і формування в тріщині корозійних ГЕ, в яких вершина тріщини працює анодом, а її стінки — катодом. Анодний процес визначає чисто корозійне заглиблення тріщини, катодний — наводнювання металу та його окрихчування.

2. Термодинаміка електрохімічних процесів у тріщинах, що характеризується значенням ЕРС гальванічних елементів, визначається в значній мірі величиною K_1 (або ΔK_1 при корозійній втомі).

3. Кінетика електричних процесів у тріщині визначається величиною K_1 , а також локальною концентрацією агресивного середовища в зоні реакції, тобто навколо вершини тріщини. Локальна концентрація розчину там, в свою чергу, залежить від інтенсивності проходження в тріщині електрохімічних процесів та від інтенсивності масообміну.

4. Роль водню у розвитку тріщини подвійна: водень знижує механічний (окрихчення) та хімічний (корозія) опір металу, крім того, постійно виділяючись в ході електрохімічного процесу в тріщині і проникаючи в метал, водень служить автокаталізатором руйнування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Панасюк В. В., Ратыч Л. В., Дмытрах И. Н. К вопросу определения электрохимического состояния в развивающейся трещине при исследовании трещиностойкости материала // Физ.-хим. механика материалов. — 1982. — № 3. — С. 42—49.
2. Петров Л. Н. Коррозия под напряжением. — Киев: Высш. шк., 1986. — 142 с.
3. Олик А. П., Петров Л. Н., Калинин А. Ю. Развитие коррозионно-усталостных трещин в судокорпусных алюминиевых сплавах. // Физ.-хим. механика материалов. — 1988. — № 2. — С. 85—87.
4. Олик А. П. Циклическая трещиностойкость листовых судокорпусных алюминиевых сплавов. // Физ.-хим. механика материалов. — 1990. — № 4. — С. 60—64.
5. Петров Л. Н., Сопрунок Н. Г. Коррозионно-механическое разрушение металлов и сплавов. — Киев: Наука, думка, 1991. — 216 с.
6. Петров Л. Н., Магденко А. Н., Калинин А. Ю. Элемент дифференциальной наводороженности. // Защита металлов. — 1990. — № 2. — С. 295—299.
7. Похмурский В. Н. Коррозионная усталость металлов. М.: Металлургия, 1985. — 206 с.
8. Гутман Э. И. Механохимия металлов и защита от коррозии. М.: Металлургия, 1974. — 296 с.
9. Романов О. Н., Никифорчин Г. Н. Механика коррозионного разрушения конструкционных сплавов. — М.: Металлургия, 1986. — 296 с.

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТА ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ ЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

В. А. Хобін

ТЕХНОЛОГІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ

Суть виразів «ведення технологічного процесу» і «управління технологічним процесом» однаковий. Їх паралельне існування підкреслює невичерпність технологічних процесів як об'єктів автоматизації і пояснюється високим ступенем автономності професійних груп спеціалістів з технології і систем управління.

Автоматизація, замінюючи чи доповнюючи «машинним розумом» розумову діяльність людини оператора, управляючого технологічним процесом, дає важливий утилітарний та соціальний ефект. Перший — зв'язаний з підвищенням ефективності процесів і якості продукції, економією сировинних, енергетичних та людських ресурсів. Другий — із зміною характеру праці, підвищенням його інтелектуального рівня, збільшенням спеціалістів високої кваліфікації, здатних використовувати досягнення передових галузей науки і техніки — електроніки, обчислювальної техніки, прикладної математики. Це, в підсумку, визначає рівень розвитку підприємств, суспільства в цілому.

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Системи автоматизації як антропогенні функціонально орієнтовані, тому реалізуючий ними набір функцій — функціональна організація системи — первинна по відношенню до її структурної організації (зокрема до технічної), а діалектика зв'язку — аналогічна зв'язку між змістом і формою (1). Це зумовлює вирішальну роль у розвитку систем вимірювання функціональної організації в порівнянні із змінами в їх структурній організації і зв'язує основну складову їх розвитку, перш за все з розширенням функціональних можливостей систем. Вони визначають клас реалізуючої системи управління, наприклад, логічного управління, регулювання, координації, оптимізації, діагностики, управління в екстремальних умовах і т. д. При зміні функціональної організації структурна також змінюється, забезпечуючи реалізацію нових функцій.

Проте структурна організація системи порівняно з функціональною має відносну самостійність. За рахунок цього один і той же набір функцій системи може бути реалізований при її різних структурі. Ці зміни в структурній організації відображаються зміною зовнішніх умов функціонування систем. Вони зв'язані, наприклад, з вимогами підвищення якості функціонування, надійно-

сті, вибухопожежної безпеки, простоти монтажу, наладки та обслуговування, економії кабельної продукції, покращення відображення інформації, що подається оператору і т. д.

Ресурсами відновлення структурної організації систем мають бути такі зміни:

а) у функціональній структурі — введення взаємозалежності функцій у формі зв'язків, які забезпечують їх координацію та (чи) субординацію, що означає «горизонтальну» та «вертикальну» підпорядкованість реалізацій функцій, зокрема — їх ієрархічну залежність;

б) у технічній структурі — зміни у технологічних характеристиках комплексу технічних засобів автоматизації, таких як локальність, централізація, розподіленість, резервування, архітектура обчислювальної мережі і т. д. зі збереженням функціональної структури;

в) у технічній базі — вибір характеристик, які використовуються у системі автоматизації технічних засобів, наприклад, контактні, безконтактні, електричні, пневматичні, прямої дії, аналогові, цифрові, вільно програмовані, функціонально програмовані, з визначеними властивостями оболонки, з іскробезпечними колами і т. д.

Функціональна структура, технічна структура і технічна база є ієрархічними рівнями структурної організації системи. Ієрархічність означає взаємообумовленість і співвідношення у динаміці розглянутих вище змін. Так, зміни на вищих рівнях, як правило, потребують адекватних змін на нижчих. Технічна база, яка є нижчим ієрархічним рівнем структурної організації системи, може змінюватися автономно. Динаміка змін в ній найбільш висока. Це обумовлюється такими факторами: а) елементи технічної бази підлягають не тільки моральному, але й фізичному старінню; б) не вимагають проведення спеціальних наукових досліджень та розробок; в) не потребують великих одноразових капіталовкладень; г) дають, хоч і відносно невелику, але швидко віддачу на вкладені кошти; д) обслуговуючий персонал відносно легко адаптується до цих змін; е) ринок елементів автоматики відносно інтенсивно розвивається, особливо завдяки розвитку електроніки та мікропроцесорної техніки.

Зміни у функціональній структурі, які зв'язані з розширенням складу функцій, а також із змінами у координації та субординації вже реалізуємих системою функцій, можуть дати підприємству дуже великий ефект. Але вони вимагають глибоких та досить коштовних досліджень і розробок, значних капіталовкладень, частково координальних змін у технічній структурі і базі, спеціальних заходів по підготовці спеціалістів користувачів та експлуатаційників.

На протязі життя системи автоматизації її технічна база, яка постійно еволюціонує, може змінитися декілька разів, а функціональна структура може і не зазнавати глибоких змін. Останнє, крім перелічених вище труднощів усіх етапів матеріалізації її нової функціональної структури, обумовлюється високою стійкістю набору основних (базових) функцій систем автоматизації.

У процесі розвитку антропогенних систем підвищується їх речовинно-енергетична та інформаційна цілість. Ця закономірність знаходить місце у функціональному та структурному співвідношеннях.

Функціональна цілість системи визначає відносну самостійність, автономність функцій (функціональну цілість) окремих підсистем і, одночасно є тісним взаємозв'язком цих функцій, їх єдністю в розумінні підпорядкованості цільової функції, яка в свою чергу відображує зв'язки системи з її зовнішнім середовищем, тобто потреби середовища у функціонуванні системи. Розширення функціональних можливостей системи при мінімальних ускладненнях її структурної організації означає підвищення функціональної цілості системи.

Структурна цілість системи відображує склад і взаємодію її складових частин. Підвищення структурної цілості може досягатися за рахунок агрегування функціональних можливостей елементів системи, аж до їх функціональної завершеності на рівні базових функцій. Такий напрям в еволюції елементів системи приводить до їх спеціалізації на шкоду багатofункціонуванню.

Спеціалізація знижує загальну кількість зв'язків, залишаючи тільки системоутворюючі, і кількість елементів в системі. За рахунок цього дуже спрощуються проектування системи, її монтаж, наладка та експлуатація, підвищується надійність. Разом з тим, розробка спеціалізованих елементів, організація їх виготовлення потребує значних ресурсів. Їх вкладення вигідно тільки при гарантуванні достатньо широкого ринку, який тим вужче, чим вище спеціалізація. Ця суперечність об'єктивно стримує ріст структурності системи.

Розвиток елементної бази засобів автоматизації, насамперед з'явлення мікропроцесорних контролерів і відносно дешевих універсальних ЕОМ (на нашому ринку — це сполучені з IBM PC) дозволяє вирішувати цю суперечність з суттєвим вигоном спеціалізації. При цьому вся важкість спеціалізації переноситься на програмне забезпечення систем. Воно розроблюється під проєктно-компонентні універсальні (багатofункціональні) мікропроцесорні комплекси, які мають програмну оболонку для створення програм-користувачів. Системне програмне забезпечення таких комплексів та їх апаратні засоби передбачають можливість взаємозв'язку їх як між собою, так і з ПЕОМ. Це забезпечує реалізацію системи практично будь-якої структурної організації.

Викладене не означає, що актуальність створення спеціалізованих систем повністю зникла. Позитивні якості, перелічені вище, тримають їх на достатньо високому рівні, і особливо невеликі системи (системи для автоматизації окремих агрегатів невеликих технологічних ділянок і т. д.). Маючи високий рівень цілості, такі системи, як правило, можуть забезпечити більш ефективне управління, включаючи стійкість технологічного процесу, надійність роботи обладнання і тим самим свою високу життєздатність.

СТАН І НАПРЯМ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ У ПЕРЕРОБЛЮЮЧИХ ГАЛУЗЯХ АПК

Спектр рівнів автоматизації в перероблюючих галузях АПК на сьогоднішній день дуже широкий. Він охоплює діапазон від систем, реалізуючих тільки найпростіші функції відображення інформації оператору-технологу з локальною, без зв'язків з підсистемами структурою до систем, що дають оператору центрального пункту управління практично повну картину ходу процесу, реалізують різноманітні функції автоматичного та автоматизованого управління їм і мають розподілену ієрархічну структуру з розгалуженою обчислювальною мережею. У середньому по галузях цей рівень можливо характеризувати як низький.

Досвід функціонування великих систем автоматизації класу АСУ ТП, розробка і впровадження головних зразків, які велись 5—10 років тому за рахунок цільового фінансування НДОКР і капітальних вкладень, показав, що очікуваного ефекту ці системи не дали. Пояснюється це багатьма причинами, у тому числі — не надійністю технічних засобів, передусім ЕОМ, їх низькою продуктивністю, зацікавленістю, а інколи і неприйняттям АСУ ТП з боку основного виробничого персоналу підприємств. Проте невисока надійність компенсувалася великою кількістю робітників служб ОЦ підприємств, а продуктивність ЕОМ, яку закладали у проєкти, була відома і при розробці програмного забезпечення завдань автоматизації обчислювалась.

Головна причина, мабуть, полягає в іншому. Розробники систем не враховували загальні закономірності розвитку систем (завершеної теорії, на жаль, нема і сьогодні), у тому числі не роздивлялись питання досягнення високого рівня їх цілості. Процес розробки і впровадження мав революційний характер. При цьому із-за дуже слабкої участі в цих процесах підприємств-споживачів систем автоматизації це був «експорт революції» розробниками. Не зважаючи на складність (і громіздкість) технічного та програмного забезпечення, ці АСУ ТП вирішували в основному прості задачі, які добре піддавались формалізації і алгоритмізації. Задачі управління нижнього ієрархічного рівня звичайно вважались другорядними.

Це (та багато що інше) зумовило низький рівень систем взагалі, їх низьку життєздатність.

Як би то не було, стан систем автоматизації на сьогодні треба розглядати як певний етап їх розвитку. Тому важливо сформулювати концептуальні принципи такої технічної політики в розробці систем автоматизації, які забезпечували б можливість дальшої еволюції їх функціонально-структурної організації для вирішення нових (і старих) задач, що виникають у користувачів. Основою цих принципів мають бути загальні закономірності розвитку систем автоматизації, які роздивлялися вище.

1. ПРИНЦИП ЕВОЛЮЦІЙНОСТІ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Основа принципу у тому, що конкретний напрям розвитку на теперішньому етапі формує сам споживач, який виходить із об'єктивно виникаючих потреб. Це не виключає «рекламування» продукції і можливостей розробників систем, але остаточне рішення дається споживачем. Це в значній мірі гарантує «звичайність» напрямку її розвитку, забезпечує зацікавленість персоналу підприємства в розширенні функціональних можливостей роботи системи автоматизації. При еволюційному розвитку функціональна та структурна організації удосконалюються відносно поступово (невеликими стрибками), що дає можливість персоналу підприємства адаптуватися до змін, забезпечує ріст його професійного рівня, довіру і потребу в розвитку автоматизації. При докорінних реконструкціях підприємств, коли має утворюватись нова система управління ним, цей принцип може не працювати.

2. ПРИНЦИП ВИПЕРЕДЖАЮЧОГО РОЗВИТКУ НИЖЧИХ ІЕРАРХІЧНИХ РІВНІВ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Управління на нижніх рівнях безпосередньо забезпечує дотримання технологічних регламентів ходу процесу і експлуатаційних регламентів роботи обладнання. Управляючі дії більш високих рівнів ієрархії (директиви) втрачають сенс при поганій працездатності нижчих рівнів управління. Їх розвиток повинен йти у напрямку підвищення функціональної і структурної цілості підсистем. Тут рівень спеціалізації, особливо для тяжких і визначальних процесів (обладнання), доцільно підвищити майже до розробки спеціальних засобів автоматизації, якими обладнання може комплектуватися на заводі-виготовлювачі.

Деяке зневаження задачами нижчих рівнів управління закладається, на жаль, вже при самому загальному аналізі систем, коли роздивляється дерево функцій. Воно звичайно ототожнюється із стовбуром і гілками дерева. Більш справедливо було б розглядати цей образ, ототожнюючи його з кореневою системою дерева. Це робить очевидним суть принципа.

3. ПРИНЦИП ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РІВНЯ УСІХ ПІДСИСТЕМ

Ріст інтелектуального рівня підсистем при незмінному наборі базових функцій може здійснюватися за рахунок ускладнення алгоритмів переробки інформації, яка використовується в підсистемах і (або) за рахунок розширення її інформаційної бази (збільшення джерел інформації). На нижніх рівнях управління ускладнення алгоритмів переробки інформації зв'язане з використанням більш досконалих алгоритмів управління, наприклад, з прогнозуванням по моделі об'єкту управління, з корекцією режимів, які задано по оцінці ймовірності порушення регламентів технологічного процесу, адаптацією самих алгоритмів і т. д., а розширення інформаційної бази — з використанням алгоритмів каскадного управління, з вимірюванням і компенсацією основних збурень і т. д.

Інтелектуалізація верхніх ієрархічних рівнів системи управління разом із загальними рисами, характерними для нижніх рівнів, має істотні особливості, які обумовлюються активною участю людини в процесі управління.

Багато важливих задач управління, які є прерогативою верхнього рівня, наприклад, реконфігурація технологічного процесу, зв'язана з порушеннями та відмовами обладнання, діагностика порушень чи відмов у роботі обладнання на ранніх етапах їх розвитку, виведення технологічного процесу із передаварійного режиму та ін., часто не можуть бути повністю формалізовані (визначені) із-за їх складності, недостатньої вивченості, відсутності повної і достовірної інформації про процеси. Прийняття рішення у таких задачах управління, тобто управління в умовах невизначеностей, покладається на людину. При цьому інтелектуальний рівень прийняття рішення, і значить, ефективність управління істотно підвищені за рахунок використання людиною проблемно орієнтованих експертних систем, які акумулюють у базі знань результати спеціальних досліджень і практичний досвід.

Як показує практика, дуже важливим елементом, який помітно впливає на ефективність і життєдіяльність верхніх ієрархічних рівнів системи, є інтерфейс. Через нього взаємодіють людина і ЕОМ. Удосконалювання форм подавання інформації оператору, підвищення зручності її вибору, аналізу, введення управляючих дій та інших директив — шляхи підвищення рівня інтелектуальності інтерфейсу.

Підвищення інтелектуального рівня підсистем і системи в цілому можна розглядати як розвиток її функціональної організації збільшенням розгалуження базових функцій за рахунок росту кількості додаткових (допоміжних, сервісних та ін.) функцій.

4. ПРИНЦИП ВИПЕРЕДЖАЮЧОЇ СИСТЕМОУТВОРЮЮЧОЇ СТРУКТУРИЗАЦІЇ

Еволюційний розвиток систем автоматизації повинен здійснюватися як цілеспрямований процес. Це не суперечить вимогам «природності» розвитку, основа якого у необхідності задоволення потреб користувача, а доповнює його. Потреба, яку вже задовольнили, неминуче породжує нову, яка як правило може легко прогнозуватися спеціалістами з автоматизації. Таким чином, для конкретного користувача можуть бути розроблені на перспективу доцільні функціональні організація і структура системи автоматизації, а також посилені для нього ступені еволюції. З врахуванням цього може бути визначена доцільна технічна структура системи, суть якої — в прийнятих допустимих для користувача компромісах між централізацією і розподіленістю, багатофункціональністю і спеціалізацією, надійністю і вартістю.

При поетапній реалізації системи повинна використовуватися така технічна база, яка здатна оперативно забезпечити організацію необхідних взаємозв'язків, тобто інтеграцію частин у цілісну систему, без змін самої технічної бази. На перших етапах такого розвитку системи вона буде, в певній мірі занадто технічною, що викличе деяке її подорожчання. Однак подальший розвиток системи може бути здійснений технічно і організаційно набагато простіше і з меншими витратами. А це й може стати для користувача важливим аргументом на користь продовження розвитку системи.

ЗАКІНЧЕННЯ

Сформульовані вище на основі загальних закономірностей принципи технічної політики в розробці систем автоматизації тісно взаємозв'язані. Вони відображують різні межі процесу розвитку систем у напрямку підвищення їх функціональної і структурної цілості, що забезпечить їм ефективність і життєздатність.

Безумовно, розглянуті вище принципи не вичерпують усіх меж розвитку і можуть бути доповнені новими. Потребують також більш глибокої наукової, у тому числі філософської переробки і осмислення закономірності розвитку систем автоматизації. Це дозволить більш свідомо і цілеспрямовано підходити до рішення задач автоматизації технологічних процесів, зробити автоматизацію невід'ємною частиною технології, створити умови для впровадження у виробництво «тонких» технологій через високу ефективність управління процесами, які реалізуються на їх основі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балашов Е. П. Эволюционный синтез систем.— М.: Радио и связь. 1985.— 328 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ, ПЕРЕМЕШИВАЕМЫХ МЕТОДОМ "FUNNEL-FLOW"

Януш Ф. Босс (Инженерный институт, г. Ополе, Польша)

Резюме: Перемешивание сыпучей системы методом выгрузки из силоса в силос, часто именуемого: "funnel-flow", имеет все большее значение. Использование этого метода дает хорошие результаты для гомогенных сыпучих систем, например, при достижении равновесного состава сырьевой муки на цементных заводах или перераспределении зерна по влажности в элеваторах.

Проведенные в нашей лаборатории эксперименты позволили определить оптимальные варианты загрузки материалов, а также получить необходимое количество пропусков для гомогенных систем.

В случае гетерогенных сыпучих систем, при разном диаметре частиц или плотности перемешиваемого материала проблематичным является сильная сегрегация. Ее влияние приводит к тому, что обычным перемешиванием получить смеси высокого качества невозможно. Однако методом соответствующего подбора отношения средних диаметров и отношения плотностей компонентов возможно получение смеси высокого качества. В этом случае систему можно рассматривать как гомогенную.

1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

В конце пятидесятих годов было обращено внимание на возможность использования силосов и бункеров сыпучих материалов для улучшения состава смесей. Первая такая мысль представлена в работе (1). Описанный авторами метод перемешивания заключается в многократной пересыпке зернистого материала из силоса в силос.

Вскоре этот метод смешивания был исследован (2) несколько шире. Исследования выгрузки неоднородных материалов из конического бункера показали сильную связь между углом раскрытия конуса и состоянием полученной в результате выгрузки смеси. В работе отмечено, что после 3—4 шагов перемешивания получали состояние равновесия системы.

Этот метод перемешивания не вызвал широкого интереса у исследователей, хотя некоторые упоминания о нем можно найти в литературе (3, 4, 5). Однако им заинтересовались конструкторы высотных сооружений и технологи цементной промышленности.

Интересную работу представил БАГСТЕР (6), где попытался определить оптимальные условия работы силососмесителя. Он отметил, что максимальное отношение высоты слоя материала H к диаметру цилиндрической части силоса B не может превышать 1,7, а угол раскрытия конуса дна может максимально составлять 80° . Как оптимальную точку работы силоса дает значение $H/B=1,5$, а угол раскрытия конуса — 75° . Кроме того Багстер отметил, что более выгодно засыпать материал возле стенок силоса, а не через центральное отверстие.

Следует также обратить внимание на работы (7) и (8), в которых указана возможность использования пересыпного метода в цементной промышленности для выравнивания концентрации большого объема сырья.

Первую полную информацию о новом методе смешивания дали в 1974 г. Кирхгофф и Йохансен (9). Они подробно описали механизм смешивания, констатируя, что необходимым условием является здесь выгрузка воронко-трубчатого типа. Эта публикация дала название методу "funnel-flow", т. е. выгрузка воронкообразная.

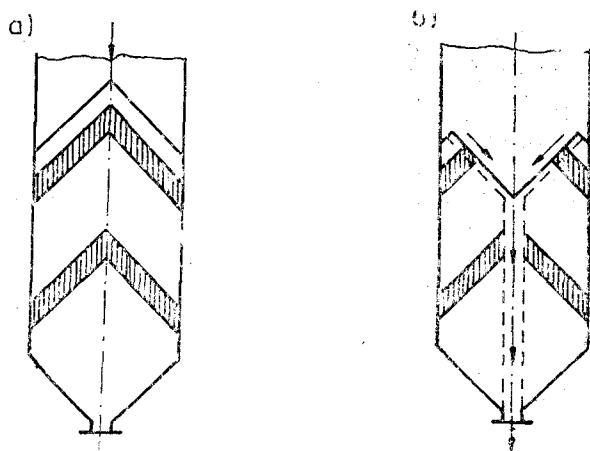


Рис. 1. Механизм перемешивания при воронкообразной выгрузке: а) система слоев материала после наполнения; б) область движения материала во время свободной выгрузки

Как установили авторы (9), гомогенизация во время разгрузки происходит благодаря созданию на короткое время воронкообразного отверстия над местом выгрузки. В это отверстие соскальзывают зерна материала с поверхности воронки. Схематически этот механизм показан на рис. 1 (10).

В действительности механизм перемешивания является более сложным (11). Это заметно на снимках, опубликованных в работе

(12). Итак, на основании многих наблюдений можно сделать вывод, что хорошее перемешивание происходит во время воронкообразной выгрузки. Зато во время массовой выгрузки эффект смешивания проявляется значительно хуже.

Разные формы выгрузки сыпучего материала из силоса были предметом многочисленных исследований. Первую обширную публикацию на эту тему представили Бровн и Рихардс (13). Они указали все существенные параметры, которые имеют влияние на характер и скорость выгрузки материала. Наиболее существенные параметры — это размеры силоса и выгрузочного отверстия, угол наклона стенки силоса, угол трения материала о стенку силоса Φ_w , а также внутренний эффективный угол трения материала Φ_e .

Среди многих методов определения характера выгрузки наиболее выгодным и простейшим, на наш взгляд, является метод Вильмса (14), разработанный на основе некоторых более ранних работ. Этот графический метод, показан на рис. 2. Вильмс вы-

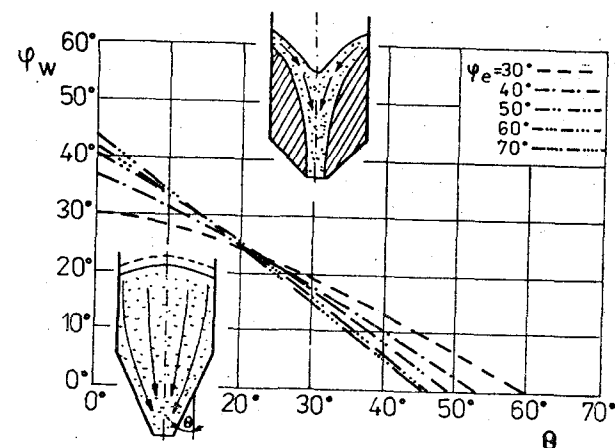


Рис. 2. Зависимость формы выгрузки от наклона стенки силоса и углов трения (по [14])

двинул идентификацию типа выгрузки на основе трех главных параметров системы: угол трения Φ_w и Φ_e , а также наклона стенки разгрузочной воронки θ . Следует обратить внимание, что оба угла трения Φ_w и Φ_e зависят не только от вида материала, но также от его влажности, среднего размера зерен и напряжений в материале (14, 15).

В 1974 г. в работе (16) представлено первое сообщение о применении метода "funnel-flow" для уравнивания состава сырьевой муки на цементном заводе в г. Паргас (Финляндия). Роль

смесителя муки на этом заводе играет так называемый многократный силос (Mehrfach-silo) вместимостью 2×3000 т сырья (рис. 3).

На таким образом очерченном фоне проблемы можно сформулировать основные задачи исследований. Среди них выделить следующие:

1. Подбор соответствующего числа шагов перемешивания, необходимых для получения высокого качества смеси.

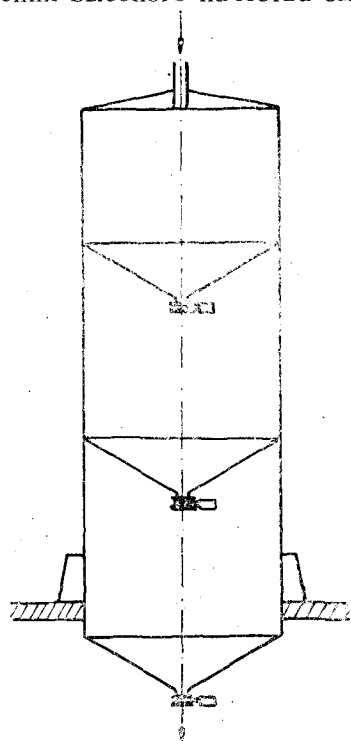


Рис. 3. Многократный силос [15]

2. Установление адекватности между лабораторными экспериментами в небольшом масштабе и некогда в «двухмерных» силосах и результатами опытно-промышленной эксплуатации в реальных производственных условиях.

3. Исследование влияние конструктивных изменений силосов и способа загрузки на скорость перемешивания.

4. Исследование возможности получения смесей высокого качества для неоднородных систем с дифференцированными плотностями и размерами зерен.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДА FUNNEL-FLOW

Первые собственные исследования перемешивания методом «funnel-flow» проведены автором в «двухмерном» силосе (12, 18). Взаимное соотношение между «двухмерной» установкой с моно-слоем материала и пространственной системой показано на рис. 4, где приведены также основные размеры установки и система двух двоянных кассет, необходимых для проведения экспериментов.

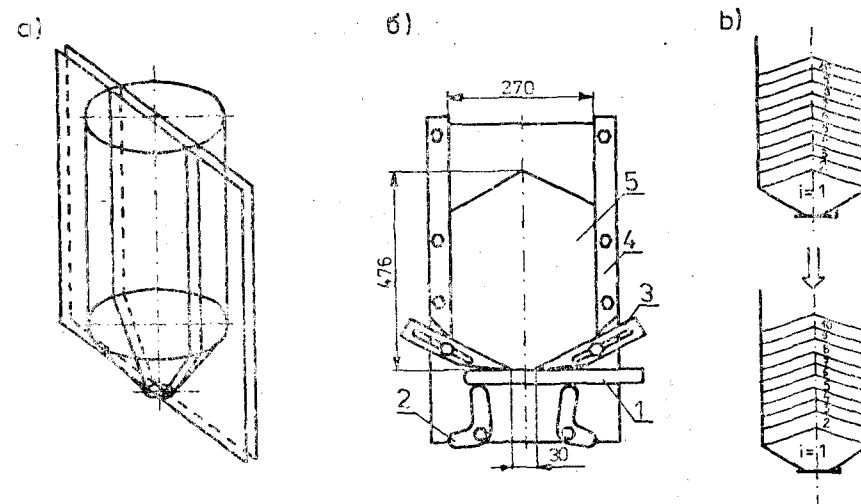


Рис. 4. Аппаратура для исследования процесса перемешивания методом funnel-flow:

а) способ замены пространственной системы плоской; б) вид отдельной кассеты; в) система подающей и принимающей кассет вместе с разделением на сегменты; 1 — клиновидная задвижка; 2 — кулачок, предоставляющий возможность замены угла выгрузки; 3 — рейка для регулирования угла выгрузки; 4 — рейка боковая; 5 — прозрачные плиты

Наблюдения и исследование процесса перемешивания позволили исследовать механизм перемешивания, а также формирование разгрузочной «трубы» и воронки.

Установлено, что наиболее выгодное положение ключевого компонента в начале процесса достигается тогда, когда он находится в пятом, т. е. в срединном сегменте питательной кассеты. Для этого случая случайное (случайное) состояние смеси достигнуто после трех шагов перемешивания.

Соответствующие фазы процесса показаны на снимках в работе (12). Полная диаграмма изменений степени смешения M в за-

висимости от шага и начального положения ключевого компонента представлена на рис. 5.

В результате экспериментов отмечено, что процесс перемешивания методом "funnel-flow" можно хорошо описать с помощью стохастической модели (10).

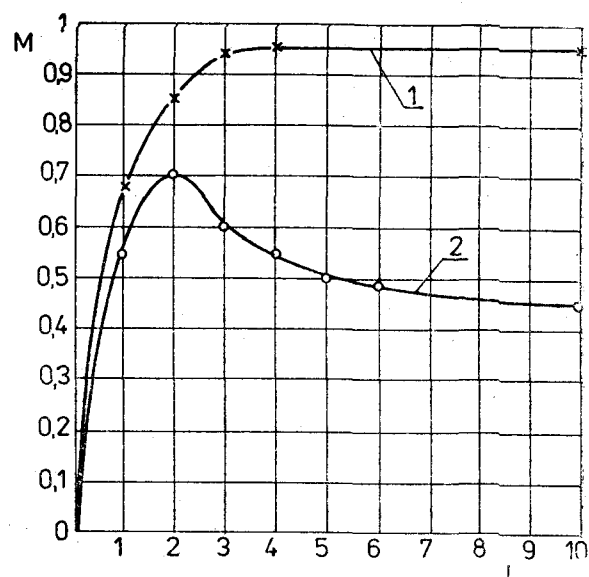


Рис. 5. Диаграмма зависимости степени перемешивания от числа шагов для зернистых систем: однородной (1) и неоднородной (2), смешиваемых методом funnel-flow

Степень перемешивания в цитированных собственных работах выражена формулой (1)

$$M = 1 - \frac{s}{\sigma_0}, \quad (1)$$

где s обозначает стандартное отклонение состава смеси и может быть определено из зависимости (19)

$$s = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - p)^2 \right]^{0.5} \quad (2)$$

или

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{0.5}. \quad (3)$$

В последних отношениях n — это объем пробы, p — вероятность нахождения ключевого компонента во всей смеси, $\bar{x}$ — средний

состав смеси. Величина σ_0 обозначает начальное стандартное отклонение. Его можно рассчитать из формулы

$$\sigma_0 = [p(1-p)] \cong [x(1-x)]. \quad (4)$$

В работе (12) доказана возможность перемешивания двух компонентов при одновременной загрузке в силос. В этом случае раннее состояние смеси получает после 4 шагов смешивания.

В работе (20) доказана возможность описания кинетики процесса перемешивания методом "funnel-flow" трехкомпонентной системы при помощи стохастической модели. Показан также способ выражения степени смешения M для многокомпонентной системы.

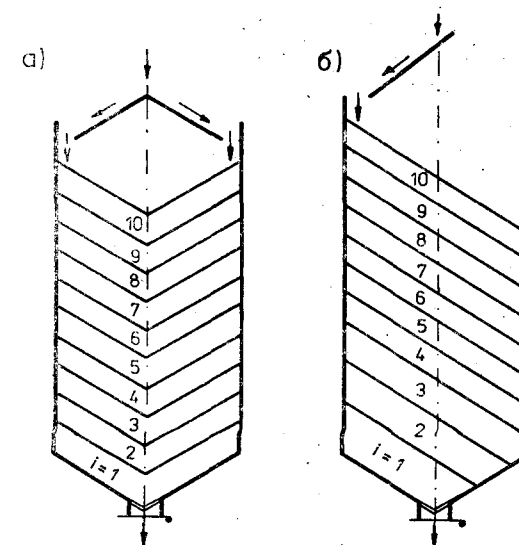


Рис. 6. Другие способы загрузки материала в силос: а) кассета с двухсторонним навесом; б) кассета с односторонним навесом

Следующим, — важным, — этапом исследования было определение влияния способа загрузки материала в силос на кинетику процесса. Для этой цели была модифицирована исследовательская аппаратура, что схематически показано на рис. 6. Довольно обширные эксперименты доказали, что несимметрическая загрузка с косым навесом является наиболее выгодной. В этом случае быстро получают высокие степени перемешивания. Это хорошо видно из диаграмм (рис. 7). Для одностороннего навеса эффект перемешивания гомогенной системы является таким, что уже после двух шагов дает случайное состояние (21).

Проведенные в «двухмерном» силосе эксперименты были проверены в модельной аппаратуре пространственного типа. Схема такой аппаратуры показана на рис. 8. Следует отметить, что «двухмерная» и пространственная установки имели полное геометрическое подобие.

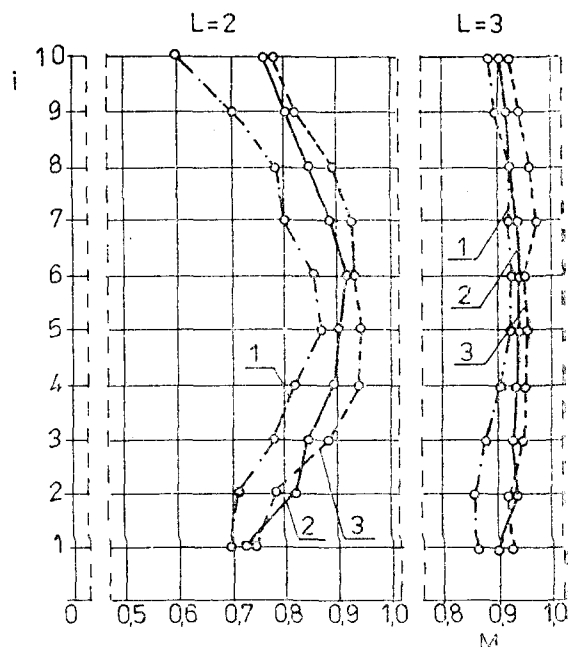


Рис. 7. Сравнение трех способов загрузки материала в силос и влияние их на кинетику перемешивания:

1 — центральная загрузка; 2 — кассета с двухсторонним навесом; 3 — кассета с односторонним навесом

В обширной серии проведенных автором исследований отмечено, что степени перемешивания на отдельных шагах обеих систем аппаратов хорошо согласуются друг с другом. Это видно из диаграммы (рис. 9), на которой приведено сравнение кинетики перемешивания систем с похожими свойствами. По техническим причинам сравнение тождественных систем не представилось возможным. Подробные характеристики систем приведены под рисунком. На диаграмме кривые, изображающие кинетику процесса в обеих установках, согласуются. Подобные кривые получены и для других перемешиваемых систем. Это позволяет сделать вывод, что результаты исследований, полученные в «двухмерном» силосе, можно перенести на пространственную систему.

С точки зрения промышленной практики большее значение имеет процесс перемешивания гетерогенных систем, различающихся прежде всего средними размерами частиц или плотностью. Такие системы отличаются сильной сегрегацией. В результате пере-

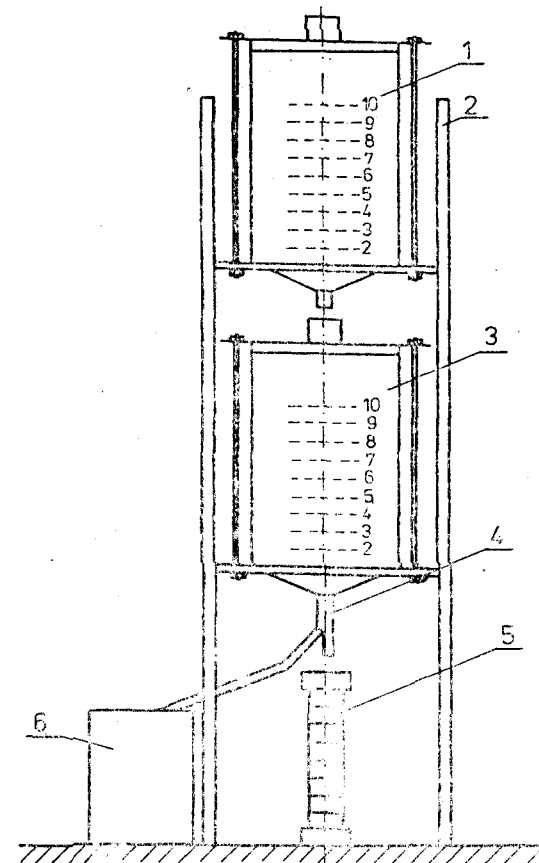


Рис. 8. Аппаратура для исследования пространственного процесса перемешивания методом funnel-flow:

1 — питательный силос; 2 — штатив; 3 — принимающий силос; 4 — распределитель; 5 — измерительная кассета; 6 — контейнер

мешивания они не достигают randomного состояния, а приходят обычно к состоянию равновесия, определяемого более низкой уравновешенной степенью перемешивания M_e . Это показано на рис. 5.

Причиной сегрегации материала во время перемешивания системой «funnel-flow» является особое поведение материала, в част-

ности, с большой плотностью. Зерновое распределение неоднородной системы показывает, что в силосе имеются области больших скоплений материала с высокой плотностью. При центральной загрузке более тяжелый материал накапливается главным образом

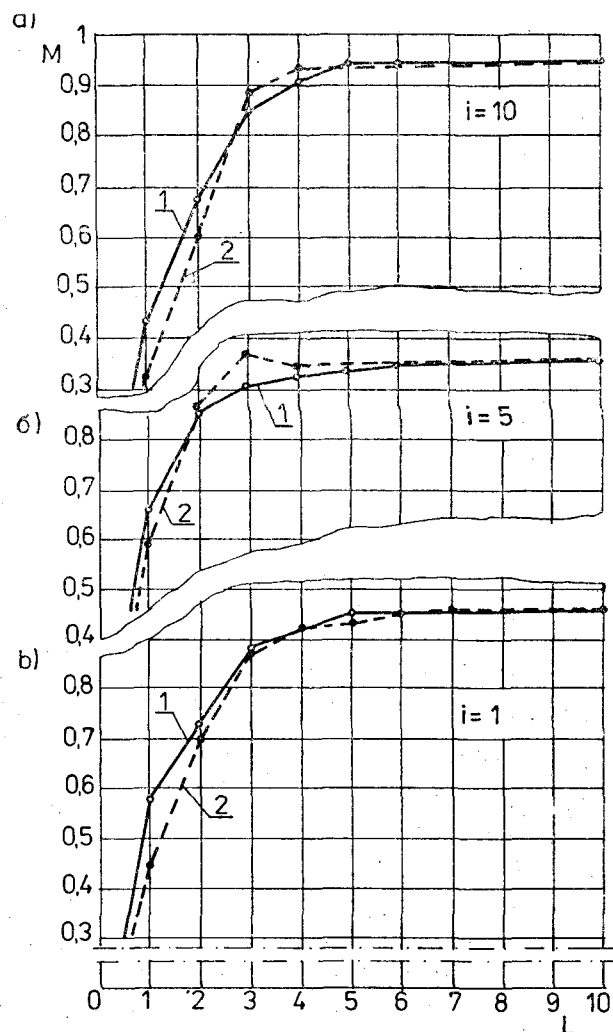


Рис. 9. Сравнение кинетики перемешивания в плоской (1) и пространственной (2) системах для разных начальных положений ключевого компонента. Исследуемая система: окись алюминия $d=3,25$ мм для плоских кассет, окись алюминия $d=2,75$ мм, окись алюминия $d=3,75$ мм (ключевой компонент) для пространственных кассет

вблизи дна силоса. При загрузке с навесом более тяжелый материал собирается ближе к стенкам силоса. Это объясняется сегрегацией, характерной для скатывающегося материала.

Более тяжелые зерна быстрее тонут в зернистом материале по сравнению с более легкими частицами. Сильная сегрегация систем при разном диаметре или плотности может быть значительно

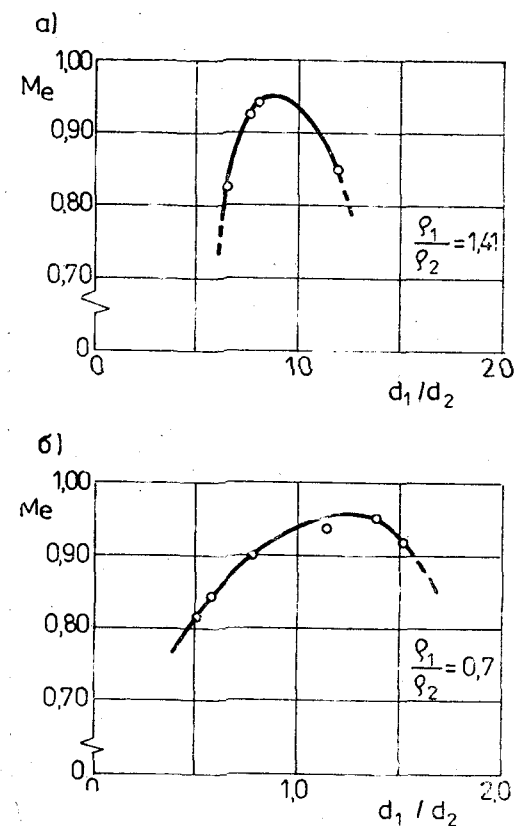


Рис. 10. Уравновешенная степень перемешивания в зависимости от отношения диаметров частиц ключевого компонента и дисперсной фазы. Ключевой компонент: а) имел большую плотность; б) с меньшей плотностью, чем дисперсная фаза

уменьшена, а равновесная степень перемешивания M_e повышена, если правильно подобрать взаимные отношения диаметров и плотности частиц (22, 23). Эта проблема признана нами узловым вопросом перемешивания гетерогенных систем. Чтобы пояснить эту проблему, на рис. 10 представлены две диаграммы, из которых

видно, что максимальное значение равновесной степени перемешивания M_e не наступает при отношении диаметров зерен материалов, равном единице. Максимальные значения зависят от величины, характеризующей отношения обоих компонентов. Это доказывает, что существует возможность такого подбора отношений диаметров и плотностей обоих компонентов, которое позволяет получить высокую степень перемешивания.

3. ВЫВОДЫ

1. Перемешивание методом выгрузки из силоса происходит эффективно только во время воронкообразной выгрузки. Условия возникновения такой формы выгрузки широко исследованы и описаны в литературе.

2. Обзор литературы и собственные исследования показывают, что оптимальное ведение процесса смешивания методом "funnel-flow" требует соответственного подбора ряда параметров процесса, в том числе геометрических параметров системы. Важно также учесть влияние ряда свойств перемешиваемых материалов, таких как влажность, углы внутреннего трения, трения о стенку силоса, средний диаметр зерен и их плотность.

3. Для гомогенных систем более выгодный способ загрузки материала — несимметрическая загрузка, приближенная к стенке силоса.

4. Для неоднородных систем возмущающим фактором, влияющим на качество смеси, является сильная сегрегация. Ее можно уменьшить путем соответствующего подбора взаимных диаметров частиц по отношению к их плотности.

4. ЛИТЕРАТУРА

1. Rose H. E. A Suggested Equation Relating to the Mixing of Powders and Its Application to the Study of the Performance of Certain Types of Machine // Trans. Instn Chem. Engrs, 1959, T. 37, C. 47.
2. Tanaka T., Kawai S. Hoppers Can Be Used as Mixers // Rock Products, 1962, April, C. 120.
3. Moran R. J. A Survey of Powder Mixing and Blending Equipment // Austr. Chem. Engng, 1967, T. 8, Aug., C. 9.
4. Johanson J. R. In-Bin Blending // Chem. Eng. Progr., 1970, T. 66, No. 6, C. 50.
5. Wlodarski A., Mickiewicz A. Preliminary Estimate of Mixing Effect of Nonsegregating Materials in a Plug-Flow Bin // Trans. ASME, 1973, Febr., C. 78.
6. Bagster D. F. A Geometric Study of In-Bin Blending // Trans. ASME, 1973, Febr., C. 86.
7. Jackson W. S. Homogenizing Silos Answer Blending Needs // Rock Products, 1970, April, C. 66.
8. Grapengiesser J. C. Großraumsilos mit Mischeffekt // Zement-Kalk-Gips, 1971, T. 24, C. 512.

9. Kirchhoff K., Johansen V. Homogenisierung von Rohmehl in Zementfabriken mit dem "Funnel-flow" — Verfahren // Zement-Kalk-Gips 1974, T. 27, C. 373.

10. Boss J. Mieszanie materiałów ziarnistych. M.: PWN Warszawa — Wrocław, 1987.

11. Novosad J. Kinematics of the Flow of Particulate Solids in Bunkers and Silos // III Int. Congr. Chem. Eng. CHISA'69.

12. Boss J., Dąbrowska D. Stochastic Model of Mixing During Discharging of Granular Materials From a Bin. I. Two-Component System // J. Powder & Bulk Solids Technol., 1985, T. 9, No. 4, C. 1.

13. Brown R. L., Richards J. C. Exploratory Study of the Flow of Granules Through Apertures // Trans. Instn Chem. Engrs, 1959, T. 37, C. 108.

14. Wilms H. Auslegungskriterien für Schwerkraftfluß-Mischsilos // Aufbereitungs-Technik, 1989, No. 9, C. 529.

15. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. М.: Машиностроение, 1973, 7 с.

16. Nyström L., Söderman J. Ein neues Verfahren zur Homogenisierung von Rohmehl und Zement // Zement-Kalk-Gips, 1974, T. 27, C. 194.

17. Ries H. B. Mischtechnik und Mischgeräte — Versuch einer Klassifizierung // Aufbereitungs-Technik, 1969, No. 1, C. 1.

18. Boss J., Łapin Z. Modelowanie procesu mieszania materiału ziarnistego metodą wysypu ze zbiornika // Cement-Wapno-Gips, 1985, No. 10, C. 268.

19. Кафаров В. В., Дорохов И. Н., Арутюнов С. Ю. Системный анализ процессов химической технологии. Процессы измельчения и смешения сыпучих материалов. М.: Наука, 1985, 78 с.

20. Boss J., Dąbrowska D. Stochastic Model of Mixing During Discharging of Granular Materials From a Bin. I. Two-Component System // J. Powder & Bulk Solids Technol., 1985, T. 9, No. 4, C. 12.

21. Boss J., Badura W., Cębka W. Wpływ sposobu załadowania na stopień zmieszania materiałów ziarnistych mieszanych metodą wysypu normalnego // ZN WSI Opole, 1989, Mechanika No. 37, C. 5.

22. Boss J., Tukiendorf M. Mieszanie systemem funnel-flow układu ziarnistego o różnych średnicach ziaren // ZN WSI Opole, 1989, Mechanika No. 37, C. 51.

23. Boss J., Tukiendorf M. Porównanie procesu mieszania niejednorodnego układu ziarnistego mieszanego metodą "funnel-flow" w przestrzennym i płaskim modelu mieszalnika // ZN WSI Opole, 1991, Mechanika No. 41, C. 47.

ПРО ОДИН МЕТОД ПОБУДОВИ ЕЛІПСУ І КІНЕМАТИЧНИЙ СИНТЕЗ ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ТОЧНОГО ЙОГО ВІДТВОРЕННЯ

Р. В. Амбарцумянц

У практиці машинобудування часто виникає потреба обробки деталей, утворених еліптичними і гіперболічними поверхнями, наприклад, шліфування чи полірування еліптичних чи гіперболічних поверхонь дзеркал для астрономічних приладів та ін. [1].

Для зазначеної роботи в машинобудуванні широко застосовуються гідравлічні слідкуючі системи, зокрема, гідрокопіювальні верстати, в яких заготівлі надається обертальний рух. Проте, для

отримання високоточних результатів обробки необхідно мати за-вчасно точно накреслені відповідні криві. Використання приблизно направляючих важільних механізмів для даної мети практично неможливе у зв'язку з тим, що в кінематику таких механізмів покладено кінематичну помилку. Крім того, такі механізми дозволяють одержувати тільки частину потрібної кривої.

Для обробки складних деталей з зазначеними поверхнями застосовується також спосіб, побудований на переміщенні різального інструменту по потрібній траєкторії при нерухомій заготовці. У першому і в другому способах для обробки еліптичних поверхонь необхідно мати механічні системи, які точно відтворюють потрібні криві на всьому заданому відрізку. При вдалом вирішенні задачі проектування таких механізмів достатньо сконструювати нескладний пристрій траєкторії різального інструменту, наприклад, центр обертання циліндричної фрези.

Синтезовано ряд механізмів для відтворення еліптичних кривих. У роботі [2] описується механізм, що дозволяє шляхом одержування дотичних прямих до кривої здобути заданий еліпс. Використання такого механізму для виконання операцій обробки потрібної поверхні практично стає неможливим у зв'язку з тим, що різальний інструмент, закріплений на механізмі, має здійснювати зворотно-поступальне переміщення вздовж дотичної прямої. Тут же приводиться інша схема шарнірно-важільного механізму, в якому точка перетинання поздовжніх осей ведучої та веденої ланок описує еліпс. Для фізичної реалізації описання такої кривої в склад механізму вводиться група Асура другого класу четвертого виду [3]. Проте, через наявність у механізмі мертвих положень, запропонована схема практично стає непридатною для застосування. Крім того, вкрай незадовільна умова передачі зусилля від важелів до повзунів і навпаки. З причини наявності мертвих положень непридатним є також широко відомий еліпсограф на базі рівнобедреного кривошипноповзунного механізму.

Найбільший інтерес являє еліпсограф, здобутий на базі триланкової планетарної передачі з передаточним відношенням між сателітом і центральним колесом при нерухомому водилі, що дорівнює двом. Однак, конструктивно закріпити різальний інструмент з приводом на відповідному місці сателіта практично неможливо.

Відзначимо, що як структурний, так і кінематичний синтез описаних вище механізмів та їм подібних базується на різноманітних графічних методах побудови еліпса.

Пропонується новий графічний метод побудови еліпса, що одночасно дозволяє на його основі виконати структурний і кінематичний синтез механізму, певна точка рухомої ланки якого описує точно еліпс на всій його довжині. Переслідується також мета синтезувати таку схему механізму, в якій були б відсутні мертві по-

ложення, забезпечувались кращі умови передачі сил між ланками.

Припустимо, що задано коло з центром у точці O і з радіусом h (рис. 1). Сполучимо прямокутну систему координат з початком у центрі O проведеного кола. На осі X -ів вправо чи вліво обираємо точку G і виконаємо наступну графічну побудову. Оберемо на заданому колі довільну точку A і з'єднаємо її з точкою G . На середині відрізка AG (точка M) відтворимо перпендикуляр до цього відрізка і продовжимо його до перетинання з прямою OA (точка F). Виконавши послідовно ряд таких побудов і отримавши ряд точок, з'єднаємо їх плавно і здобудемо певну криву. Зрозуміло, якщо точка A пробігає по всьому колу, то в результаті зазначених графічних побудов одержуємо замкнуту криву.

Спробуємо математично описати здобуту криву. Відомо, що еліпс є кривою другого порядку, і для нього справедлива рівність [4]:

$$(OF) + (FG) = \text{const}, \quad (1)$$

де OF і FG — відрізки, що зображують відстані довільно обраної на еліпсі точки F до його фокусів O і G .

Згідно проведеним графічним побудовам (рис. 1) GAF є рівнобедреним. Отже, $(FG) = (FA)$. Тоді сума (рис. 1):

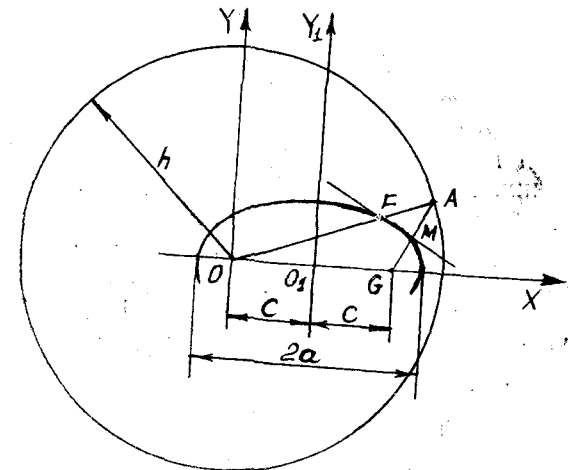


Рис. 1

$$(OF) + (FG) = (OF) + (FA) = h = \text{const}. \quad (2)$$

Вираз (2) дозволяє зробити висновок, що отримана в результаті проведених графічних побудов крива є еліпсом з фокусами у точках O і G .

Позначимо велику і малу півосі еліпса через a і b . Згідно з [4] запишемо:

$$b^2 = a^2 - c^2, \quad (3)$$

де c — відстань від осі симетрії еліпса до його фокусів.

При відомих значеннях півосей еліпса із виразу (3) знаходимо

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}. \quad (4)$$

Через точку O_1 на осі X -ів (рис. 1) проведемо нову вісь O_1Y_1 , паралельну до осі OY . У новій системі координат Y_1O_1X рівняння еліпса буде мати загальноприйнятий вигляд:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (5)$$

Видзначимо взаємозв'язок між радіусом довільно вибраного кола і параметрами еліпса. Згідно з рис. 1 запишемо: $2c + 2(a - c) = h$, звідки

$$h = 2a. \quad (6)$$

Поданий графічний метод побудови еліпса дозволяє здійснити структурний і кінематичний синтез важільного механізму для точного його відтворення. З цією метою стояк (основу) механізму сполучаємо з вісю X -ів, виконавши у фокусах O і G обертальні кінематичні пари відповідно з ланками OA і GA . Якщо прийняти довжину ланки OA , рівною радіусу h , то його кінцева точка A має можливість пробігати по всій довжині кола радіуса h . Оскільки ланки OA і GA повинні перетинатися між собою у точці A і мати відносні переміщення, то внесемо між ними повзун 3, що утворює обертальну пару з ланкою OA і поступальну — з ланкою GA .

Для знаходження середини відрізка GA і відтворення перпендикуляра до нього застосовуємо розподільний кінематичний ланцюг, що складається з ланок 4, 5 (рис. 2). У цьому ланцюгу довжини ланок 4, 5 повинні бути суворо однакові, тобто $(GA) = (NA)$.

Щоб уникнути дублювання такого ланцюга внесемо в його склад хрестоподібний повзун 6. Для фізичної реалізації точки F , яка описує еліпс (перетинання ланок MN і OA) внесемо у склад механізму групу Асура другого класу четвертого виду [3] (рис. 2, ланки 8, 6). Центр шарнірного з'єднання цих двох повзунів, що утворюють поступальні кінематичні пари з ланками OA і MN , описує криву еліпса.

Із схеми механізму витікає, що ведучою ланкою у ньому може бути як ланка OA , так і ланка GA . З точки зору кращих умов передачі зусиль в механізмі перевагу слід віддати випадку, коли

ведучою є ланка OA . Із схеми механізму також витікає, що у ньому відсутні мертві положення.

Для кінематичного синтезу одержаної структурної схеми механізму виходимо з тих положень, які було покладено в основу графічних побудов. Згідно побудови еліпса маємо:

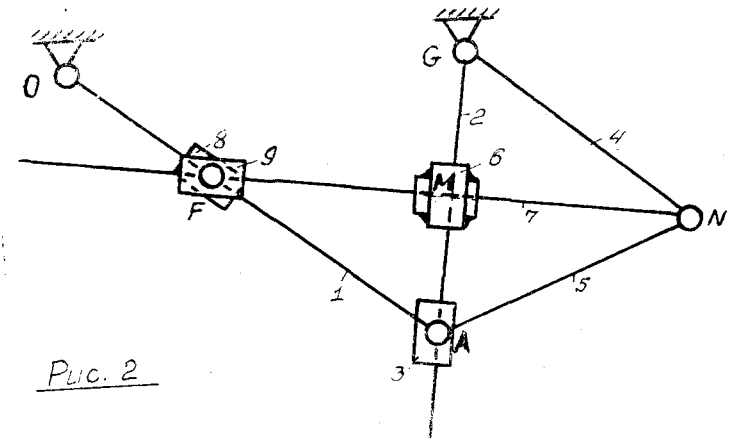


Рис. 2

$$l_{OG} = 2\sqrt{a^2 - b^2}; l_{OA} = 2a. \quad (7)$$

Довжина

$$l_{GA} \rightarrow (l_{GA})_{\max} \geq 2(a + c) = 2(a + \sqrt{a^2 + b^2}).$$

Для виключення невизначеності у положенні ланок розподільного ланцюга повинна виконуватись наступна нерівність (рис. 1)

$$l_{GN} + l_{NA} > (l_{GA})_{\max}. \quad (8)$$

Довжина ланки NM повинна бути такою, щоб безперервно забезпечувався контакт між нею і повзуном 8.

Таким чином, усі необхідні розміри синтезованого механізму можна визначити на основі заданих значень півосей еліпса a , b .

ЛІТЕРАТУРА

1. Ю. П. Боренштейн. Исполнительные механизмы со сложным движением рабочих органов. Л.: Машиностроение.— 1973.
2. И. И. Артоболевский, Н. И. Левитский, С. А. Черкудинов. Синтез плоских механизмов.— М., Наука.— 1959.
3. И. И. Артоболевский. Теория механизмов. М., Наука.— 1965.
4. М. Я. Выгодский. Справочник по высшей математике. М., Наука.— 1964.

НАВЧАННЯ

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ

Г. В. Ангелов, А. А. Вайнберг

Ефективне використання фахівця у певних виробничо-економічних та соціальних умовах обумовлене його професійною підготовкою і культурним рівнем.

У зв'язку з цим в інституті проводиться цілеспрямована робота по створенню комплексної системи підготовки спеціалістів (КСПС), яка включає два комплекси заходів:

- вдосконалення навчального процесу;
- підвищення ефективності функціонування академії.

На першому етапі (1992 р.) розроблено методологію створення моделі фахівця та відповідного навчального плану (на прикладі спеціальності 17.06 «Машини та апарати харчових виробництв»). На цьому етапі проведено соціологічне дослідження, в результаті якого накопичено і конкретно опрацьовано великий статистичний матеріал з таких проблем, як використання випускників інституту в галузях АПК, міграція спеціалістів з різних регіонів, зміна виду інженерної діяльності, просування по службі в залежності від галузі, місця та виду роботи. Далі визначили види та характер інженерної діяльності, ступінь її складності — через обсяг та зміст необхідних знань, вмінь і навичок. На цій основі запропоновано концептуальну модель фахівця, яка являє собою сукупність властивостей останнього, необхідних і достатніх для ефективного виконання професійних функцій та соціальної ролі.

Дослідження моделі фахівця дозволило встановити раціональний обсяг фундаментальної, інженерної та спеціальної підготовки, загальноосвітню і прикладну значущість, наступність учбових дисциплін, а головне — спробувати оцінити їх рейтинги, використовуючи графоаналітичні методи, запропонувати структуру та чисельні характеристики концептуального навчального плану спеціальності 17.06.

Результати роботи можуть бути використані під час апробації методики складання моделей фахівців інших спеціальностей та розробки відповідних навчальних планів.

На другому етапі (1993—1994 рр.) поставлено завдання розробити концептуальну модель функціонування академії.

Управління вищим учбовим закладом — це прийняття відповідальних рішень та організації їх виконання. Наукові методи прийняття рішень дають більший ефект, ніж інтуїтивний підхід, оскільки дозволяють більш об'єктивно оцінити обстановку, виявити конкретні причини виникнення небажаних наслідків, вияснити закономірності їх виникнення та розвитку, краще обґрунтувати вибір прийнятих рішень.

При розробці процедури прийняття рішень в процесі управління соціально-виробничими об'єктами використовують кілька взаємозв'язаних етапів. Серед них — обов'язкова розробка функціональної моделі комплексної системи, яка забезпечує чітке формулювання завдань, достовірність вихідної інформації, понижує неозначеність і ризик появи небажаних наслідків.

В даній роботі зроблено спробу модифікації загальноприйнятої у кваліметрії «спіралі якості», яка знайшла широке застосування у вітчизняній та зарубіжній практиці управління промисловими об'єктами (табл. 1).

Таблиця

Застосування «спіралі якості»

У промисловій технології	У навчальному процесі
Пошук та вивчення ринку	Визначення з передбаченням якісно-кількісних характеристик фахівців для народного господарства на підставі налагодження контрактних відносин академії з промисловістю
Проектування і розробка технічних умов та документації	Розробка нормативних документів, регламентуючих якість фахівців на трьох рівнях підготовки: «Модель фахівця», «Характеристика спеціальності», «Навчальний план спеціальності»
Матеріально-технічне постачання	Розвиток, вдосконалення та підтримка технічного стану аудиторного фонду і його технічного оснащення, ТЗН та ОТ
Підготовка та розробка виробничих процесів	Перспективне планування навчального процесу в зв'язку з умовами, що динамічно змінюються
Виробництво	Оперативна організація навчального процесу
Контроль та проведення випробувань	Організація контролю над поточною успішністю та якістю підготовки фахівців

У промисловій технології	У навчальному процесі
Зберігання та реалізація продукції	Організація зворотного зв'язку з випускниками вузу в цілях формування кадрів для аспірантури та коректування навчального процесу
Монтаж та налагодження. Технічне обслуговування	Організація підвищення кваліфікації та перепідготовки фахівців і керівних працівників галузі

На даному етапі розробляється методичний підхід до складання конкретної концептуальної моделі функціонування КСПС, яка передбачає регламентацію факторів, що визначають якість підготовки фахівців, ефективність науково-дослідних розробок, підвищення соціального статусу вузу.

Ці фактори згруповані у три блоки:

1 — фактори, які передбачають організацію, структуру, зміст та форми навчального процесу;

2 — фактори, які передбачають ефективність науково-дослідної роботи та підготовки кадрів вищої кваліфікації;

3 — фактори, які характеризують соціально-побутові умови життєдіяльності студентського контингенту та колективу інституту.

Першим завданням є визначення номенклатури факторів першого блоку, які визначають організацію навчального процесу відповідно до сучасних та перспективних вимог народного господарства з урахуванням вітчизняного та зарубіжного досвіду роботи вищої школи і Закону України про освіту.

Управління факторами здійснюється на трьох рівнях: I — інституту, II — факультету, III — кафедри і охоплює чотири стадії підготовки та перепідготовки фахівців: 1 — формування студентського контингенту; 2 — навчальний процес; 3 — науково-дослідна робота та підготовка кадрів вищої кваліфікації; 4 — перепідготовка та підвищення кваліфікації працівників промисловості.

Регламентація факторів передбачає розробку керівних документів (КД), які інформативно ємко визначають раціонально уніфіковані вимоги до всіх спеціальностей (на I рівні) з урахуванням специфіки факультетів, кафедр (на II і III рівнях) та доцільної взаємообумовленості навчального процесу, наукової роботи і соціального середовища.

Такий пакет КД дозволить комплексно (на всіх рівнях) та системно (на всіх стадіях) створити наскрізну спадкоємну структуру навчального процесу, раціональну за формою та ефективну за змістом відповідно до вимог промисловості і реального потенціалу вузу.

ЗМІСТ

Удосконалення існуючих і розробка нових технологій для харчової та зернопереробної промисловостей

Мерко І. Т., Моргун В. А., Бакурідзе Т. А. Перспективи розвитку технології переробки зерна	4
Карнаушенко Л. І., Козлов Г. Ф. Перспективи розвитку хлібопекарської, макаронної та кондитерської галузей промисловості України	7
Моргун В. А. Технологія виробництва пшеничного борошна та круп по взаємозамінюючій схемі	14
Крестінков І. С., Данильчук П. В. Використання антиоксидантів для поліпшення посівних якостей насіння зернових культур	17
Безусов А. Т., Звірькова О. С., Палвашова Г. І. Розробка технології освітлення яблучного соку пектиновими кислотами	23
Борисов В. О., Загибалов О. Ф., Дідоренко Т. О. Колоїдно-хімічні методи стабілізації непрояснених соків та соків з м'якоттю	29
Кротов Є. Г., Бровченко А. А., Громлюк Н. В., Шойхет Е. Д. Розробка комплексу кріозахисту при заморожуванні айви	34
Ковбасюк Р. Ф., Ваттаб Фаділь А. Кадір. Цитотоксичні властивості деінфікуючих препаратів, що застосовуються у консервній промисловості	37
Вінікова Л. Г. Структуроутворення в гетерогенних м'ясних системах з полісахаридами	41
Жеребін Ю. Л. Механізм неферментативного окислення харчових напоїв	46
Флауменбаум Б. Л., Боровецька Н. Х., Мілорава О. В., Кротов Є. Г., Ібраїмджі Ж. Перспективи електрофізичні процеси в технології консервування харчових продуктів	52
Флауменбаум Б. Л., Касьянов Г. І., Окафор Г. І. Застосування твердого й рідкого двоокису вуглецю для прискорення кристалізації винного каменю у виноградному соці	55
Егоров Б. В. Перспективи виробництва комбікормів в Україні	58
Шолтысек К., Чагаровський О. П. Біотехнологія протеолітичних ферментних препаратів із гриба	61
Оюнчімег Ч., Салавеліс А. Д. Розробка технології желейних виробів на основі використання обліпихових вичавок і модифікованих висівок	67
Карнаушенко Л. І., Донской Д. М., Гордієнко Л. В. Оцінка якості технологій виробництва желейного мармеладу	70

Розробка технологій нових видів харчових продуктів з нетрадиційних видів сировини

Черно Н. К. Харчові речовини та продукти для лікувально-профілактичного харчування	75
Капрельянц Л. В. Застосування ферментних препаратів під час переробки зернової сировини	79
Дудкін М. С. Підсумки вивчення хімії рослинної сировини та розробки на її основі технологій виробництва харчових та кормових продуктів	84

Пилипенко Л. М. Прогнозування якості нових видів продуктів тривалого зберігання з листових овочів	92
Черно Н. К., Озоліна С. О., Грабовець С. Ф. До питання про взаємодію комплексу біополімерів рослинних клітинних стінок з білковими речовинами	97
Крусир Г. В. Харчові волокна, що містять ферменти замісної терапії недостатності травлення їжі	104
Духаніна О. Р., Капрельянц Л. В., Чамова Ю. Д., Кобелева С. М. Перспективи переробки вторинної рослинної сировини біотехнологічними методами	110

Створення та розробка нового високоефективного обладнання, процесів і апаратів, теорії, методів їх розрахунку та проектування; автоматизація виробничих процесів харчових та зернопереробних виробництв

Гладушняк О. К., Гросул Л. Г. Проблеми забезпечення переробних галузей промисловості України технікою та фахівцями	117
Захаров М. Д., Тітлов О. С., Рева Н. В., Лозовський С. І., Вольневич С. В., Завертаний В. В. Розробка нових схем та дослідження елементів і конструкцій апаратів для первинної термічної обробки та зберігання харчових продуктів	119
Гросул Л. Г. Обґрунтування проектних рішень устаткування для виробництва круп у фермерських господарствах	128
Жуковский Е. И., Чабаров В. Я. Розрахунок параметрів складів тарноштучних вантажів і керування технологічними процесами вантажообробки	136
Гладушняк О. К., Українець Г. О. Застосування швидкісної протиральної машини для розділення м'ясоіскрового гомогенату птиць	141
Вайнберг А. А., Гросул Л. Г., Кіржнер І. Л. Деякі методичні підходи до оптимізації параметрів устаткування зернопереробних виробництв	145
Нужин Є. В., Гладушня О. К. Ефективні пристрої для гомогенізації	149
Котельніков А. Ф. Основи раціонального конструювання консервної тари	158
Петько В. Ф. Експериментальне визначення пружно-деформативних характеристик сипких матеріалів	161
Карнаушенко Л. І., Павловський С. Н. Теоретичні основи швидкості витікання сипучих матеріалів	165
Іваненко А. В. Важливий фактор підвищення якості соку із рослинної сировини	170
Терзієв С. Г., Перетяка С. М., Гомолич В. Я., Бурдо О. Г. Кінетика осадження і розчинення пилу харчового продукту на поверхні утилізатора	173
Бурдо О. Г., Мординський В. П., Аль-Згул Бассам. Оптимізація параметрів процесу концентрування харчових рідин методом блочного виморожування	178
Петров Л. Н., Олік А. П., Калінков А. Ю., Тіщенко В. М., Маркіна А. І. Фізико-хімічні аспекти корозійно-механічного руйнування конструкційних матеріалів	182
Хобін В. А. Закономірності розвитку та принцип ефективних систем автоматизації	189
Януш Ф. Босс (Інженерний інститут, м. Ополе, Польща). Оптимізація процесу змішування сипких матеріалів, перемішуваних методів	196
Амбарцумянц Р. В. Про один метод побудови еліпсу і кінематичний синтез важільного механізму для точного його відтворення	208

Навчання

Ангелов Г. В., Вайнберг А. А. Концептуальна модель комплексної системи підготовки фахівців	214
--	-----