

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОВБАСА ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ

На правах рукопису

УДК 664.696

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ЕКСТРУЗІЇ
ПРИРОДНИХ БІОПОЛІМЕРІВ ТА РОЗРОБЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ХАРЧОКОНЦЕНТРАТІВ І ХЛІБОПРОДУКТІВ
ПОЛІПШЕНОЇ ЯКОСТІ**

05.18.01 - технологія хлібопекарських
продуктів та харчоконцентратів

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИСЕРТАЦІЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ
ДОКТОРА ТЕХНІЧНИХ НАУК**

Київ - 1998

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському державному університеті харчових технологій Міністерства освіти України

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор

Дорохович Антонела Миколаївна,
кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних виробів, харчоконцентратів і зерна, Український державний університет харчових технологій, професор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Карнаушенко Лідія Іванівна,
кафедра технології хліба, кондитерських виробів і громадського харчування, Одеська державна академія харчових технологій, завідувач кафедри

доктор технічних наук, професор

Сирохман Іван Васильович,
кафедра товарознавства продовольчих товарів,
Львівська комерційна академія, завідувач кафедри

доктор технічних наук, професор

Мелетьєв Анатолій Євгенович,
кафедра біотехнології продуктів
бродіння, екстрактів та напоїв УДУХТ, професор

Провідна установа: Харківська державна академія

технології і організації харчування

Захист відбудеться 16 грудня 1998 року о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої ради Д.26.058.04. Українського державного університету харчових технологій, аудиторія А - 311.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського державного університету харчових технологій за адресою: 252033, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий 16 листопада 1998 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради,

к.т.н., с.н.с.

Л.О.Федоренченко

Загальна характеристика роботи.

Актуальність теми. Розроблення раціональних технологій нових харчових продуктів поліпшеної харчової та енергетичної цінності з високими органолептичними показниками - одна з основних задач харчової промисловості. В цьому напрямку перспективним є використання високотемпературної екструзії, яка забезпечує суттєву інтенсифікацію перероблення сільськогосподарської сировини в готові вироби.

Застосування екструзійної технології призводить до значного економічного ефекту, який досягається заміною одним екструдером цілого комплексу машин і механізмів, необхідних для виробництва харчових продуктів. Особливістю цього процесу є його універсальність щодо використання сировини і різноманітності кінцевих продуктів.

Методом екструзії переробляють полісахариди, білки, їх суміші, цільне або подрібнене зерно, вторинну сировину зернової, м'ясної, рибної, молочної промисловості. В результаті екструзійного оброблення одержують готові сухі сніданки, закуски, страви швидкого приготування, макарони, аналоги м'ясо- та рибопродуктів тощо. Виробництво широкого спектру продуктів базується, перш за все, на конструктивних особливостях екструдерів, що дозволяє в широких межах змінювати інтенсивність та тривалість оброблення сировини і дає можливість одержати готові продукти з різними властивостями та структурою. Крім того, підбір композицій різної сировини, зміна умов її оброблення сприяють значною мірою розширенню асортименту екструзійних харчових продуктів.

Завдання одержання продуктів екструзійної технології з заданими фізико - хімічними і споживчими властивостями вирішується шляхом емпіричного підбору технологічних параметрів процесу і різних видів сировини. Проте, розроблення нових видів продуктів, оптимізація процесу і вдосконалення екструзійного устаткування вимагає поглибленого дослідження процесів, що відбуваються при екструзійному обробленні природних біополімерів.

В розробку наукових і практичних основ екструзії в останні десятиріччя значний вклад внесли вчені Англії, Франції, Німеччини, США, Португалії, Італії, країн СНД.

Відомі дослідження українських вчених по створенню технологій нових продуктів із застосуванням екструзії: ОДАХТ (Віннікова Л.Г.), КДТЕУ (Рудавська Г.Б.), УкрНДІспиртбіопроду, Інституту харчової хімії та технології. Однак, більшість досліджень мали несистемний характер, деякі питання вивчались однобоко, відсутні експериментально обгрунтовані фізико - хімічні концепції, які б дозволили пояснити закономірності формування структури і властивостей екструдатів. Подальші дослідження можуть призвести до нових технологічних

рішень при виробництві як традиційних, так і нових екструзійних продуктів і оптимізації технологічних процесів екструзійного оброблення.

Розвиток теорії раціонального харчування, зростання необхідності випуску продуктів з поліпшеними споживчими властивостями вимагають створення принципово нових продуктів підвищеної харчової і біологічної цінності, лікувально - профілактичного і дієтичного призначення.

Сьогодні на Україні обмаль конкурентноздатних, готових до споживання без кулінарного оброблення екструзійних продуктів. Їх якість і асортимент значно поступається світовому рівню. До того ж, екологічна ситуація на Україні вимагає нових підходів до створення продуктів з радіопротекторними та імуностимулюючими властивостями. Застосування нетрадиційної зернової сировини, різних добавок, вітамінів, антиоксидантів дозволяє розробити раціональні, науково - обгрунтовані технології екструзійних продуктів поліпшеної харчової, біологічної цінності, лікувально - профілактичного призначення. Безумовно, задача вирішення цих питань є актуальною і своєчасною для України. Ці факти були нами враховані при формулюванні мети і завдань даної дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувались у відповідності з тематикою науково-дослідних робіт УДУХТ, згідно:

- національної програми “Діти України” (1995 - 1997 рр), що виконувалась за дорученням Кабінету Міністрів України № 425-р від 01.10.1994 р.

- наказу Державного комітету України з питань науки і технологій від 03.08.1993 р. п. 3.13. “Створення нових енерго- і ресурсозберігаючих технологій, переробки і збереження сільськогосподарської сировини”.

- Державного контракту (№ 104 - 95) з Мінсільгосппродом України “Виробити дослідну партію нових видів продуктів дитячого харчування на основі зернових культур та плодоовочевої сировини згідно проекту розроблених рецептур”, виконання якого обумовлено постановою Кабінету Міністрів України № 490 від 04.07.1995 р.

- наказу Міносвіти України № 68 від 31.03.1992 р. “Розробити та освоїти технологію пророщеного гороху для використання в продуктах лікувально-профілактичного призначення”.

- завдання Держхарчопрому України “Розробити технологію та освоїти виробництво нових видів харчових продуктів з використанням екструзійних методів № г. р. № А01011043р та № А013011049р.

■ доручення Мінсільгоспроду “Розробка та впровадження технології виробництва дитячого та лікувально - профілактичного харчування на основі зернопродуктів”.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є наукове обґрунтування та розроблення раціональних технологій і нових конкурентноздатних екструзійних продуктів із збалансованим хімічним складом згідно вимог нутриціології шляхом раціонального використання традиційних і нетрадиційних видів сировини та встановлення оптимальних параметрів технологічних процесів, розроблення і використання математичних моделей, що базуються на комп’ютерних технологіях.

Відповідно з поставленою метою досліджень були сформульовані такі задачі:

- розробити нові технології сухих сніданків підвищеної харчової, біологічної цінності, дієто - профілактичного призначення, провести їх медико - біологічну і дослідно - промислово апробацію;
- дослідити вплив технологічних параметрів на фізико - хімічні, мікробіологічні та біохімічні зміни, які відбуваються в процесі високотемпературної екструзії та науково обґрунтувати оптимальні параметри процесу екструзії ряду зернових культур;
- дослідити та розробити ефективні шляхи інтенсифікації процесу екструзійного оброблення за рахунок підготовки сировини солодощенням, обробленням струмами надвисокої частоти та інфрачервоним випромінюванням, встановити раціональні параметри та визначити їх вплив на біохімічні зміни біополімерів зерна;
- розробити раціональну технологію солодощення гречки та визначити вплив основних технологічних факторів виробництва солоду на фізико-хімічні та біохімічні зміни зерна;
- на підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень довести ефективність застосування екструдованого пшеничного борошна та екструдованого пшеничного крохмалю для інтенсифікації процесу тістоприготування і перероблення борошна з заниженими хлібопекарськими властивостями;
- з’ясувати роль біополімерів зерна (крохмалю та білка) в процесі формування гетерофазної структури екструдатів та дослідити вплив технологічних параметрів екструзії на фізико - хімічні характеристики екструдованих крохмалів;
- дослідити вплив різних факторів на структурно-механічні характеристики сухих сніданків та розробити методику оцінки їх якості;

- науково обґрунтувати та експериментально довести ефективні шляхи подовження термінів зберігання сухих сніданків;

- обґрунтувати економічну та соціальну ефективність виробництва нових видів сухих сніданків та використання подрібнених екструдатів в хлібопекарському виробництві.

Наукова новизна одержаних результатів. В комплексі розв’язується важлива народногосподарська проблема створення нової конкурентноздатної екструзійної продукції з підвищеною харчовою та біологічною цінністю, призначеної для повсякденного та спеціального дієто-профілактичного харчування, з подовженим терміном зберігання згідно основних принципів нутриціології, реології, кваліметрії, хімічної кінетики, теорії систем і математичного моделювання шляхом розроблення науково обґрунтованих раціональних технологій, які забезпечують ефективне використання традиційної і нетрадиційної сировини та інтенсифікацію технологічних процесів.

На основі представлених досліджень сформульовані наукові концепції, які виносяться автором на захист:

- науково обґрунтовані і визначені оптимальні технологічні параметри екструзії різних зернових і бобових культур. Експериментально досліджені і теоретично обґрунтовані зміни білкових речовин, вуглеводів, вітамінів, ліпідів. Встановлено, що в процесі екструзії відбувається перехід більшої частини кристалічної фази крохмалю в аморфну, що поліпшує перетравлювальну здатність продукту. Вперше науково обґрунтовано і експериментально підтверджено збільшення зв’язків різних типів між біополімерними ланцюгами в процесі утворення екструдатів. Вивчена мікроструктура екструдатів зернових по зонам екструдера. Розроблені математичні моделі одержання сухих сніданків поліпшеної якості при різних параметрах оброблення;

- теоретично обґрунтовані та експериментально апробовані способи підготовки сировини, що забезпечують інтенсифікацію екструзійних технологій та поліпшення якості сухих сніданків. Показана ефективність використання попереднього прогріву зерна інфрачервоним випромінюванням, струмами надвисокої частоти і солодощення зернових і бобових культур перед екструзією. Вперше розроблена і науково обґрунтована технологія солоду гречки, як одного з перспективних видів сировини;

- запропонована методика розрахунку двох та багатокомпонентних рецептур сухих сніданків, що дозволяє за допомогою математичних методів розробити рецептурні композиції, які задовольняють вимогам нутриціології. На основі вирішення задач "технологія - влас-

тивості” та ”технологія - склад - властивості” розроблені математичні моделі одержання сухих сніданків підвищеної харчової та біологічної цінності;

- розроблені опорно-розрахункові дані, виконано теоретичне обґрунтування принципово нових технологій сухих сніданків дієтичного та лікувально-профілактичного призначення;

- теоретично обґрунтована і експериментально підтверджена ефективність застосування в хлібопеченні екструдованого пшеничного борошна та екструдованого пшеничного крохмалю як поліпшувачів при переробленні борошна з заниженими хлібопекарськими властивостями. Розроблена модель впливу екструдованого пшеничного борошна на білково - протеїназний, вуглеводно - амілазний комплекси в процесі тістоутворення та показана його роль в процесі структуроутворення тіста, сповільнення черствіння хліба;

- науково обґрунтовані та розроблені технології сухих сніданків з подовженим терміном зберігання. Експериментально підтверджена можливість застосування природних антиоксидантів (кверцетину, преміксу). Науково обґрунтовані і реалізовані способи обмеження сорбційної здатності сухих сніданків в процесі зберігання шляхом застосування спеціальних пакувальних матеріалів;

- проведені теоретичні дослідження утворення пористої структури сухих сніданків, розраховані диференційні та інтегральні характеристики пористості продуктів;

- керуючись основними принципами кваліметрії, розроблені математичні моделі оцінки якості сухих сніданків за комплексними і диференційними показниками, які враховують харчову і біологічну цінність.

Практична цінність роботи. Розв’язується важлива народногосподарська задача створення нових високоефективних технологій на основі високотемпературної екструзії, що забезпечують створення принципово нових видів сухих сніданків з поліпшеними органолептичними показниками, підвищеною харчовою і біологічною цінністю та розширення сировинної бази за рахунок нетрадиційних видів сировини.

- Розроблені технології нових видів сухих сніданків поліпшеної якості, підвищеної харчової, біологічної цінності, лікувально - профілактичного призначення за рахунок раціонального використання традиційної і деяких видів нетрадиційної сировини - зародку пшениці, мікродорості спіруліни, Міпро - ВІТу (сухої біомаси гриба *Fusarium sambucinum* PS - 64), солоду гречки, гороху, вівса.

- Розроблені і запропоновані способи інтенсифікації процесу екструзії зернових і бобових культур шляхом їх попереднього оброблення струмами надвисокої частоти, інфрачервоним випромінюванням, солодощенням.

- Розроблена технологія екструдованого пшеничного крохмалю та екструдованого пшеничного борошна і запропоновані шляхи їх використання як поліпшувачів при переробленні борошна з заниженими хлібопекарськими властивостями.

- Одержані опорні дані за фізико-хімічними показниками нових видів сировини і готової продукції, які були використані автором в розрахунках, що обґрунтовують оптимальні режими високотемпературної екструзії. Ці дані є цінним довідниковим матеріалом і можуть застосовуватись в подальших практичних розрахунках.

- Розроблена і запропонована технологія сухих сніданків з подовженим терміном зберігання. Розроблена нормативно-технічна документація (рецептури, технологічні інструкції, технічні умови), яка дозволяє організувати на підприємствах випуск нових сухих сніданків підвищеної харчової і біологічної цінності для повсякденного і спеціального дієтопрофілактичного призначення.

- Технології нових видів сухих сніданків з подовженим терміном зберігання впроваджені на Бориспільському заводі продтоварів, технології екструзійних продуктів підвищеної харчової і біологічної цінності на Стеблівському заводі продтоварів, АТЗТ “Діалог”.

Промислові партії нових продуктів були апробовані в дитячих клініках Інституту педіатрії, акушерства і гінекології АМН України, в лабораторії профілактики внутрішнього опромінення Українського наукового центру радіаційної медицини (УНЦРМ) МОЗ і АМН України, в клініці Інституту екогігієни і токсикології імені Л.І. Медведя МОЗ України. Медико - біологічні дослідження нових видів сухих сніданків показали ефективність їх використання, як продуктів дитячого та лікувально - профілактичного харчування людей різного віку, які страждають порушенням білково - мінерального обміну, тих, що проживають в зоні підвищеного радіаційного контролю, хворих з надлишковою вагою в поєднанні з гіперхолестеринемією.

Економічний ефект від впровадження двох нових видів сухих сніданків на Бориспільському заводі продтоварів при випуску їх 40 т на рік складе 16425,2 грн, на підприємствах Укрпродспілки - 807450 грн.

Розроблені теоретичні положення і одержані при виконанні роботи результати прикладних технологічних досліджень використовуються в курсовому і дипломному проекту-

ванні, при читанні лекційних курсів, проведенні науководослідних робіт та лабораторних занять.

Достовірність роботи. Достовірність отриманих результатів наукових досліджень, методик розрахунків, висновків та рекомендацій забезпечена використанням сучасних вимірювальних приладів, методів досліджень, математичних методів оброблення експериментальних даних, засобів обчислювальної техніки і підтверджується адекватністю результатів розрахунків та математичних моделей, даними лабораторних досліджень і промислових випробувань розроблених технологій.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто розроблені теоретичні концепції змін складу та структури біополімерів зерна в процесі його підготовки і екструзійного оброблення, проведені дослідження по визначенню раціональних параметрів розроблених технологій; розроблені нові методи визначення якості сухих сніданків в лабораторних та промислових умовах; методом математичної статистики розраховані оптимальні рецептурні композиції сухих сніданків; оброблені та узагальнені результати чисельних біохімічних, фізичних, структурно - механічних, мікробіологічних досліджень; розроблені рецептури, технологічні інструкції та технічні умови на нові види продуктів екструзії, підготовлені і опубліковані результати досліджень. Дослідження перетворення білкових речовин проведено у співавторстві з науковцями інституту біохімії НАН України, мікроскопічні дослідження - із співробітниками інституту ботаніки НАН України, рентгенофазові дослідження - з к.х.н. Фоменко В.В. Підбір методик визначення інтегральних і диференційних характеристик пористості проведено з к.т.н. Луциком Ю.П., методик визначення продуктів окислення з д.т.н. Осейко М.І., розшифрування спектрів ЯМР - з д.х.н. Манком В.В., спектрів ПМР - з д.х.н. Дегтерьовим Л.С. Обговорення результатів медичних досліджень проведено з д.м.н. Корзуном В.Н., аналіз та узагальнення результатів досліджень - з науковим консультантом д.т.н. Дорохович А.М. Ряд досліджень виконано в процесі керування науковою роботою аспірантів - Терлецької В.А. та Миронової Н.Г.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на : міжнародній ювілейній науковій конференції (м. Пловдив, 1998р.), на міжнародних науково - технічних конференціях: “Научно - технический прогресс в пищевой промышленности” (Могилев - 1995 р.), “Проблемы пищевой технологии и техники” (Могильов - 1997 р.), “ Рациональные пути использования вторичных ресурсов агропромышленного комплекса” (Краснодар, 1997 г.), “Прогресивні технології і устаткування для харчової промисловості” (Воронеж, 1997 р.), “Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та на-

фтохімічних виробництв” (Одеса, 1996 р.), “Управління енерговикористанням” (Львів, 1997 р.), 1 - й національній науково - практичній конференції “Хлібопродукти - 94” (Одеса, 1994), міжнародній науково - технічній конференції “Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість” (Київ, 1995 р.), міжрегіональній науково - практичній конференції “Пищевая промышленность - 2000” (Казань - 1996 р.), міжнародній науково - технічній конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість” (Київ, 1997 р.), 2 - й національній науково - практичній конференції “Хлібопродукти” (Одеса, 1997 р.), міжнародній науково - практичній конференції “Техника и технология пищевых производств” (Могильов, 1998 р.), науково-практичній конференції “Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації” (Полтава, 1998 р.), міжнародних семінарах “Пути совершенствования развития пишеконцентратной промышленности” (Одеса, 1994 р.), “Техника и технология производства экструзионных продуктов. Состояние и пути развития” (Москва, 1996 р.), семінарі працівників харчоконцентратної галузі України “Шляхи оновлення харчоконцентратного виробництва на підприємствах Укрпродспілки” (Одеса, 1996 р.).

Нові види продукції демонструвались на:

- міжнародній спеціалізованій виставці “Чорнобиль: екологія, людина, здоров’я” (Київ, березень 1996 р.);

- контрактному ярмарку, що проводився під егідою президента України (Київ, жовтень 1997 р.);

- галузевій виставці: “Спіруліна, шляхи використання в харчовій промисловості” (Київ, жовтень 1997 р.);

- виставці “Дитяче харчування”, що проводилась під егідою національного фонду соціального захисту матерів і дітей (Україна - дітям) до дня захисту дітей, (Київ, травень, 1998 р.).

Публікації. Результати дисертації опубліковані в 4 брошурах, 31 статті в наукових журналах і збірниках наукових праць, 12 тезах конференцій. Одержано 16 патентів України та 5 позитивних рішень на заявки.

Структура дисертації. Робота складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку бібліографічних джерел з 413 найменувань, книги додатків. Основний зміст роботи викладено на 294 сторінках машинописного тексту, має 80 рисунків та 68 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП. Обґрунтована актуальність теми досліджень, визначено наукову та практичну цінність роботи.

РОЗДІЛ 1. Високотемпературна екструзія харчових продуктів.

Розглянуті питання застосування високотемпературної екструзії для виробництва харчових продуктів. Наводиться конструкція екструдера, як основної одиниці технологічної схеми. Розроблена класифікація екструдерів за їх призначенням, конструктивними особливостями. Розглядаються процеси, що відбуваються в зонах екструдера внаслідок комплексної дії трьох факторів - температури, тиску, механічних зусиль. Сформульовані переваги екструзійного методу оброблення сільськогосподарської сировини.

Розглянуті теоретичні основи процесу формування мікро- і макроструктури екструдатів. Показана можливість одержання екструзійних продуктів з ізотропною і анізотропною структурою в залежності від вмісту в сировині крохмалю. Наводяться дві концепції, що пояснюють механізм формування мікроструктури екструдатів - явище орієнтації макромолекул під дією сил зсуву та явище деформації частинок гетерофазної системи у в'язкому стані. Показано, що формування екструдатів різної структури залежить від хімічного складу сировини, умов процесу, конструкції фільтрів екструдерів, тощо.

Обґрунтовані деякі фізико-хімічні, біохімічні зміни, що відбувається з сировиною в процесі високотемпературної екструзії. Показані зміни білків, вуглеводів, вітамінів.

Проведений аналіз продуктів екструзійної технології, що випускаються в Україні і за кордоном. Розроблена класифікація таких продуктів. Наводяться можливі шляхи поліпшення структури таких продуктів, їх харчової і біологічної цінності.

РОЗДІЛ 2. Об'єкти та методи досліджень.

Об'єктом досліджень були зернові і бобові культури - пшениця (ГОСТ 5393), гречка (ГОСТ 19093), кукурудза (ГОСТ 13634), горох (ГОСТ 28674), солод гороху (ТУУ 18.186 - 94) і гречки, крупи - гречана (ГОСТ 19093) і рисова (ГОСТ 6292), крохмалі - кукурудзяний (ГОСТ 7696), пшеничний (РСТ УСССР 1490), картопляний (ГОСТ 7699), зародок пшеничний (ТУУ 46.22.014 - 95), спіруліна (ТУУ 214.81015.002 - 96), Міпро-ВІТ (дослідна партія Трипільського біофармзаводу).

У роботі використовувались як загальноприйняті, так і спеціальні фізичні, хімічні, мікробіологічні, біохімічні методи.

Ступінь атакованості ферментами білків вивчена у дослідженнях *in vitro* за методом Покровського О.О., Єртанова І.Д. Харчову цінність, а також амінокислотний СКОР розраховували з використанням методики ВНДІХПа.

Вивчення інгібіторної активності проводили за визначенням пригнічення гідролітичної дії трипсину на хромогенному субстраті [БАПНА] (N - бензоіл - d, l - аргінін - пара - нітроанілід).

Спектри ЯМР на протонах ^1H (спектри протонного магнітного резонансу ПМР) були записані на імпульсному спектрометрі з Фур'є перетворювачем СХР - 200 (Bruker = 200,13 МГц) при кімнатній температурі. Кількість рухомої води розраховували методом нормування за площами кривих поглинання ПМР.

Рентгенофазові дослідження зразків проводили на рентгенівському дифрактометрі ДРОН - 3,0.

Кількість вільних радикалів визначали на радіоспектрометрі "Varian E - 109". Оцінку проводили, вимірюючи амплітуду ЕПР - сигналу з g-фактором 2,00. В якості стандарту для кількісної оцінки використовували спиртовий розчин 2,2-дифеніл-1-пиктил-гідроцилу/ $9 \cdot 10^{16}$ sp (л).

Мікроскопіювання проводили на електронному скануючому мікроскопі JEOL ISM – T200 (Японія), найбільш характерні ділянки фотографували.

Моделювання технологічних процесів і систем проводили з використанням задач "технологія - властивості", "склад - властивості", "склад - технологія - властивості", а для їх розв'язання застосовували Д-оптимальні, насичені та симплекс-решітчасті плани Шеффе.

Для оптимізації моделей (знаходження допустимих рецептурно - технологічних режимів), аналізу і прогнозування процесів, властивостей сухих сніданків за різними показниками в області зміни факторів використовували ізопараметричний аналіз одержаних поліномів, суть якого полягала у побудові поверхонь відгуків на відповідних діаграмах і аналізі їх геометрії.

Комплексну оцінку якості сухих сніданків проводили згідно основних принципів кваліметрії.

Блок-схема комплексних досліджень представлена на рис. 1.

РОЗДІЛ 3. Дослідження та наукове обґрунтування впливу технологічних факторів високотемпературного екструзійного оброблення на якість екструдатів зернових і бобових культур

Досліджені раціональні параметри екструдування зернових та бобових культур - температура в екструдері перед матрицею, масова частка вологи сировини, її гранулометричний склад та ступінь навантаження на шнеки. За показник якості сухих сніданків був обраний коефіцієнт спучування (відношення се-

Рис. 1 Блок-схема комплексних досліджень по розробленню раціональних технологій екструзійних продуктів поліпшеної якості

реднього діаметру продукту до діаметру отвору матриці). Вплив температури екструдуювання на коефіцієнт спучування показано на рис. 2.

Як видно з рис. 2., при збільшенні температури екструдуювання від 120°C для всіх зразків коефіцієнт спучування зростає до певних значень, а подальше збільшення температури призводить до зниження цього показника. Найбільший коефіцієнт спучування спостерігається для гречки при температурі - $138 - 140^{\circ}\text{C}$, кукурудзи - $143 - 145^{\circ}\text{C}$, пшениці - $144 - 146^{\circ}\text{C}$, рису - $146 - 148^{\circ}\text{C}$, гороху - $148 - 150^{\circ}\text{C}$. Така різниця в температурних режимах екструдуювання пояснюється різним хімічним складом та будовою зернівки і бобів, кількістю та станом крохмалю і білків, які обумовлюють структуру екструдатів.

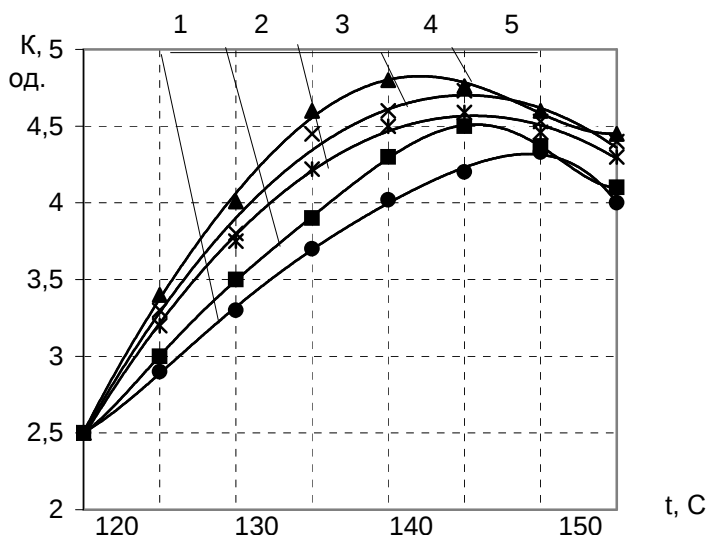


Рис. 2 Вплив температури екструдуювання на коефіцієнт спучування (1- горох, 2 - рис, 3 - пшениця, 4- кукурудза, 5 - гречка)

Так, для зерна гречки характерним є майже повна відсутність проламінової фракції білків, наявність значної кількості глобулінів та водорозчинних білків. Ядро гречки характеризується високою крихкістю, що пояснюється властивостями ендосперму, своєрідним розташуванням зародку, більша частина якого знаходиться всередині ядра. Крім того, зерно гречки при переробленні в крупу підлягало гідротермічному обробленню.

На умови екструдуювання рису значно впливає утворення міцних асоціатів зерен рисового крохмалю, жорстка структура білкових речовин. Білки в ендоспермі рису концентруються в спеціальних місцях. В крохмальній частині ендосперму відмічають два типи білко-

вих тіл - цитоплазматичні і вакуолярні. Цитоплазматичні білкові тіла мають круглу форму та сховані в подвійну ліпопротеїнову мембрану. Вакуолярні білкові тіла представляють собою ультраструктури невизначеної форми, заповнені масою аморфного білка. Все це призводить до певних труднощів при екструзійному обробленні рису.

Висока температура екструдуювання гороху пояснюється будовою його сім'ядолей та значною кількістю білка, який щільно прилягає до крохмальних зерен і чинить перепону останнім для хорошого вибуху.

Коефіцієнт спучування пшениці залежить від сорту, кількості білка, його якості, скловидності тощо. Встановлено, що чим більша скловидність пшениці, тим вища температура екструдуювання, що можна пояснити більшою кількістю глютелінової та проламінової фракції в скловидних сортах пшениці, кількістю прикріпленого та проміжного білка. Низькосортне борошно має нижчий коефіцієнт спучування в порівнянні з вищим сортом через наявність більшої кількості висівок, які пригнічують розширення гетерофазної в'язкої маси.

Підвищення температури до оптимального значення сприяє інтенсифікації випаровування на виході з матриці, що обумовлює утворення високопористої структури і збільшує коефіцієнт спучування. Подальше підвищення температури викликає надмірно швидке випаровування вологи в передматричному просторі. Нестача пари в останній зоні екструдера обумовлює утворення "збитої" структури, крім того підвищення температури, вище оптимальної, підсилює термічну деструкцію компонентів сировини, в зв'язку з чим можливі ознаки пригорання.

За допомогою методів математичної статистики встановлені математичні залежності коефіцієнту спучування (Y) від параметрів оброблення (температури, вологовмісту, ступеню навантаження на шнеки).

Регресійне рівняння в (кодованому вигляді) залежності $K_{\text{спуч}}$ від масової частки вологи (w) для гречки має такий вигляд:

$$Y = 4,4000 + 0,6164 w - 0,6538 w^2 + 0,7914 w^3 + 0,3212 w^4;$$

Такі ж рівняння одержані і для інших культур, що досліджувались.

Перевірку адекватності моделі здійснювали за коефіцієнтом кореляції, який становив 0,99, що свідчить про досить високу якість моделі та можливість її використання.

Оптимізація поліному за умов досягнення вихідною змінною (коефіцієнтом спучування - Y) свого максимуму, дозволила отримати значення оптимальних параметрів процесу для різних культур, які коливаються в межах: температура - 140-150 °C; вологовміст - 14,1-16,6 %; ступінь навантаження на шнеки - 35-40 ум. од. Для одержання сухих сніданків з мак-

симальним коефіцієнтом спучування необхідно застосовувати зернову сировину з однорідним гранулометричним складом. При цьому середній діаметр помелених часточок повинен бути 0,25 мм.

Для підтвердження правильності вибору оптимальних параметрів екструдуювання вивчали структурно-механічні властивості 3 %-их дисперсій екструдатів. Встановлено, що статична гранична напруга зсуву в дисперсіях не спостерігається. Їх течія відбувається при будь-яких малих значеннях напруги зсуву τ .

На рис. 3 представлені криві руйнування структури дисперсій. При зростанні швидкості зсуву спочатку величина в'язкості швидко зменшується, потім зниження сповільнюється, в'язкість наближається до постійного значення. Прямолінійна ділянка кривої свідчить про повне руйнування структури. Отримані дані показують, що дисперсії екструдатів являють собою структуровані системи, які мають аномалію в'язкості.

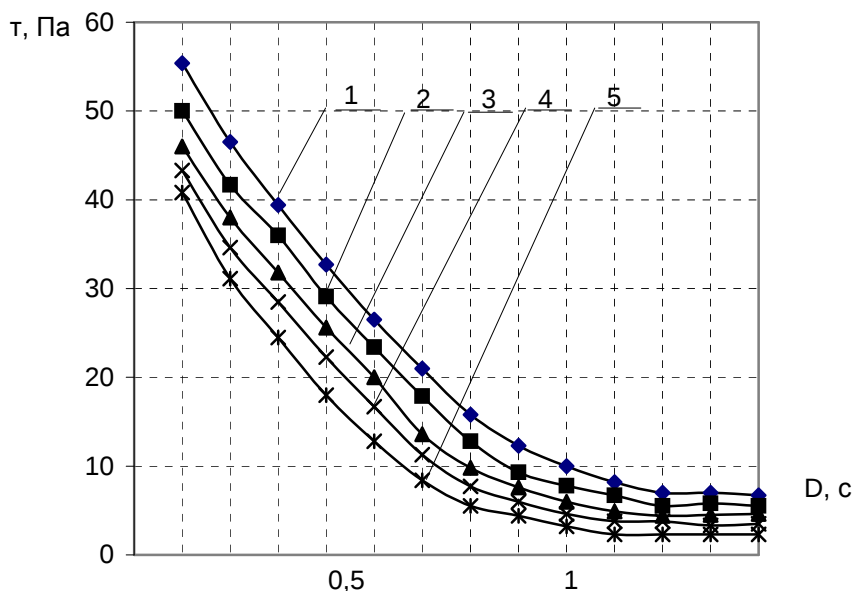


Рис. 3 Залежність ефективного в'язкості 3%-их дисперсій екструдатів різних зернових від швидкості зсуву (1 - горох, 2 - рис, 3 - пшениця, 4 - кукурудза, 5 - гречка)

Як видно з рис. 3 в'язкість 3 %-их дисперсій, їх структурно-механічні властивості залежать від складу сировини. Встановлено, що дисперсії екструдатів з гороху та рису в порівнянні з кукурудзяними та гречаними екструдатами зберігають високу в'язкість, що пояснюється високою стійкістю крохмалю гороху та рису до впливу механічних напруг навіть після екструзійного оброблення. З підвищенням температури екструдуювання в'язкість дисперсій збільшується, що підтверджується більш повільним руйнуванням дисперсій екструдатів.

Аналогічні результати були отримані при дослідженні впливу на структурно-механічні властивості дисперсій масової частки вологи сировини, ступеню навантаження на шнеки.

Досліджена кінетика процесу обмеженого набухання різних видів сухих сніданків в різних розчинниках при різній температурі (рис. 4).

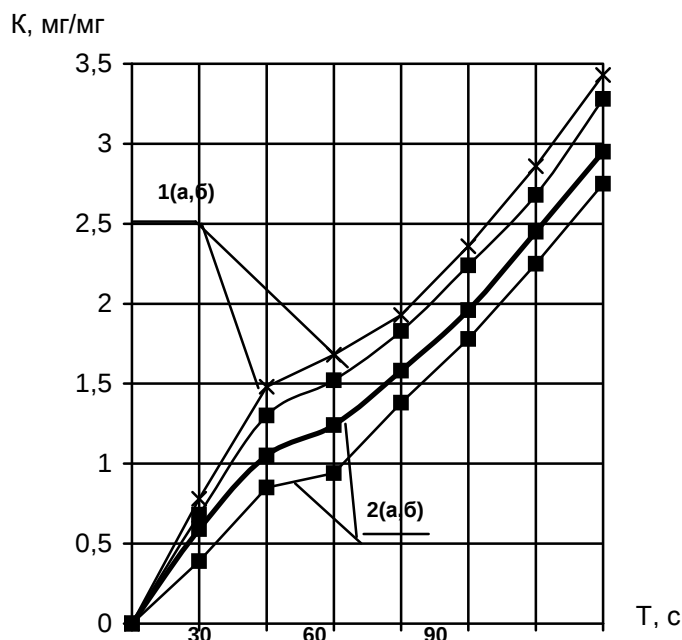


Рис. 4 Кінетика набухання екструзійних продуктів (1 - екструдат гречки, 2 - екструдат гороху , а - при $t = 70^{\circ}\text{C}$, б - при $t = 18^{\circ}\text{C}$).

Встановлено, що їх набухання проходить в два етапи. На першому етапі відбувається інтенсивне проникнення розчинника всередину продукту, який представляє собою капілярно-пористе тіло, і залежить від величини пор, температури і виду розчинника. На II етапі проходить безпосередньо процес набухання, який через певний проміжок часу супроводжується частковою зміною фізичних властивостей екструдату, що проявляється в його пом'якшенні і переході незначної кількості сухих речовин в розчинник.

Процес набухання екструзійних продуктів характеризується складною капілярною конденсацією, обумовленою наявністю у адсорбента дрібних пор, характерних для продуктів екструзії. Розчинник, проникаючи в пори продукту, збільшує його об'єм; потім відбувається безпосередньо набухання полімерів, яке супроводжується збільшенням об'єму макромолекул білку і крохмалю.

Підвищення температури веде до прискорення процесів набухання, що зумовлено збільшенням швидкості дифузії молекул розчинника між макромолекулами високомолекулярних сполук.

Показано, що ступінь набухання екструдатів різних зернових залежить від хімічного складу, кількості білка, щільності упакування крохмальних зерен.

Ступінь набухання екструдатів у воді вищий, ніж у молоці, що пов'язано з вмістом в молоці поверхнево-активних речовин (білку, жиру), які адсорбуються на поверхні продукту, утворюють захисний шар, і перешкоджають доступу розчинника до продукту, що сповільнює процес набухання.

Досліджений вплив екструзійного оброблення на зміни білкових речовин. При цьому кількість водорозчинних білків зменшується на 20 - 30 %, а соле-, луго-, і спирторозчинних збільшується (табл. 1).

Таблиця 1

Фракційний склад білків сировини та екструдатів

Зразок	Загальний вміст білка, %	Вміст, % від загального білка				
		Альбу-міні	Глобу-ліни	Прола-міні	Глюте-ліни	Нерозчинний осад
1	2	3	4	5	6	7
Гречка	10,8	39,5	9,7	3,6	27,8	19,4
Екструдат	10,0	22,1	10,5	10,4	28,2	28,6
Кукурудза	6,8	19,3	11,3	34,1	22,9	12,3
Екструдат	6,1	10,3	12,5	36,1	23,1	17,8
Горох	22,4	38,7	29,01	4,06	11,81	16,4
Екструдат	21,7	11,1	30,3	10,4	19,4	28,7
Рис	7,2	10,4	8,0	4,8	53,7	22,5
Екструдат	7,0	7,8	8,4	5,7	54,8	20,8
Пшениця	11,4	16,8	4,9	28,0	30,8	6,2
Екструдат	11,2	12,7	5,2	32,2	32,2	6,4

Зменшення розчинності можна пояснити нековалентними взаємодіями між поліпептидними ланцюгами та іншими складовими, утворенням нових амідних та дисульфідних зв'язків за рахунок реакцій обміну та додаткового утворення цистіну з цистеїну.

Волого-температурне оброблення і механічний вплив викликають часткове структурне розгортання білку з розривом деяких слабких зв'язків. Тепловий рух пептидних ланцюгів викликає розрив водневих зв'язків між ланцюгами, а зв'язки між гідрофобними групами починають “плавитися”. Одночасно із структурним розгортанням білків відбувається і їх агрегація.

Встановлено, що в результаті екструзійного оброблення зменшується кількість низькомолекулярних і збільшується кількість високомолекулярних фракцій білків. Це пояснюється тим, що в результаті денатурації відбувається утворення дисульфідних зв'язків із сульфгідрильних груп, що може викликати ковалентне зв'язування поліпептидних ланцюгів молекули білка. Міжмолекулярна взаємодія реакційноздатних груп білків сприяє виникненню значної кількості ковалентних, водневих та інших видів зв'язку електростатичного походження і призводить до утворення достатньо стійких високомолекулярних білкових речовин.

Для вивчення природи цих зв'язків, їх походження і міцності визначали зміни ефективної в'язкості суспензій гречки та екструдатів з неї в різних розчинниках (0,05 н оцтовій кислоті, 12 % саліцилаті натрію і 6 М сечовині). Встановлено (рис. 5), що в результаті екструзії в'язкість суспензій в сечовині підвищується, що пояснюється утворенням додаткової кількості водневих зв'язків і нових дисульфідних внаслідок утворення цистіну, що підтверджується більшою розчинністю в саліцилаті натрію. Підвищення в'язкості дисперсій в оцтовій кислоті передбачає наявність електростатичних взаємодій.

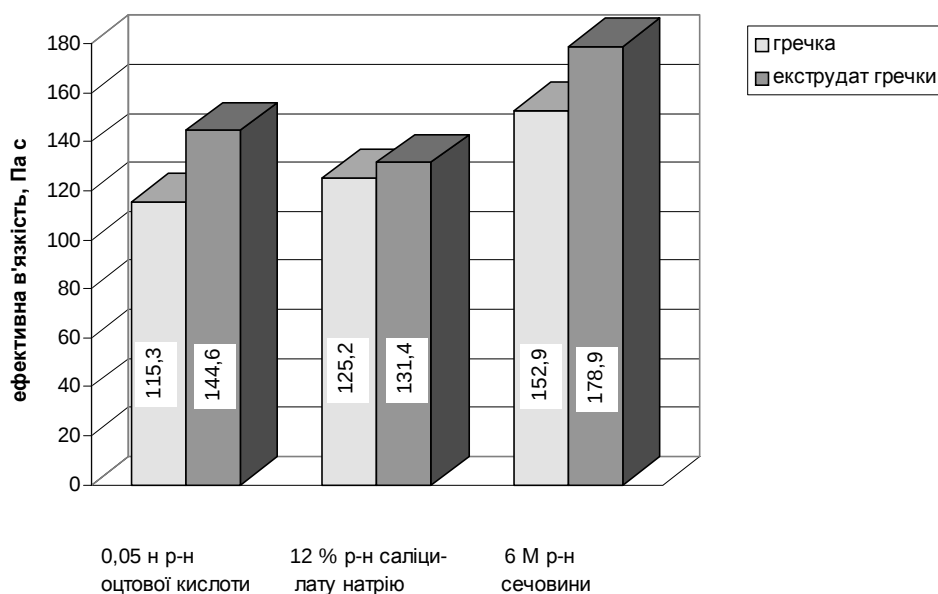


Рис. 5 Вплив екструзійного оброблення на ефективну в'язкість 3 %-их дисперсій гречки та продуктів з неї в різних розчинниках.

Встановлено, що в результаті екструзійного оброблення зменшується кількість практично всіх амінокислот на 7 - 25 % внаслідок реакції Майяра, хімічної модифікації залишків сірковмісних амінокислот, їх окисленням або взаємодії з окисленими формами інших ком-

понентів продукту, і утворення з метіоніну легколетких сіркомістких з'єднань за реакцією Штреккера.

Досліджений вплив окремих факторів (рН суспензій, кількості цукру) на ступінь зберігання лізину.

Збільшення вмісту сахарози в суміші веде до зменшення кількості лізину за рахунок його участі в реакції меланоїдиноутворення з додатково внесеними цукрами. Втрати лізину зменшуються, при зниженні рН суспензій екструдатів до 6,0. При більш низькому значенні рН втрати лізину підвищуються. Невелике підкислення зменшує конденсацію за реакцією Майяра через протонацію ϵ -аміногруп, але більш сильне підкислення збільшує гідроліз сахарози і, відповідно, утворення редукованих цукрів.

Встановлено, що в результаті екструзійного оброблення в 4,5 рази зменшується кількість інгібіторів протеолітичних ферментів. Зі збільшенням білку в пробі, гідролітична дія трипсину лінійно зменшується, що пояснюється збільшеним вмістом інгібітору, який ефективно зв'язує трипсин (рис. 6).

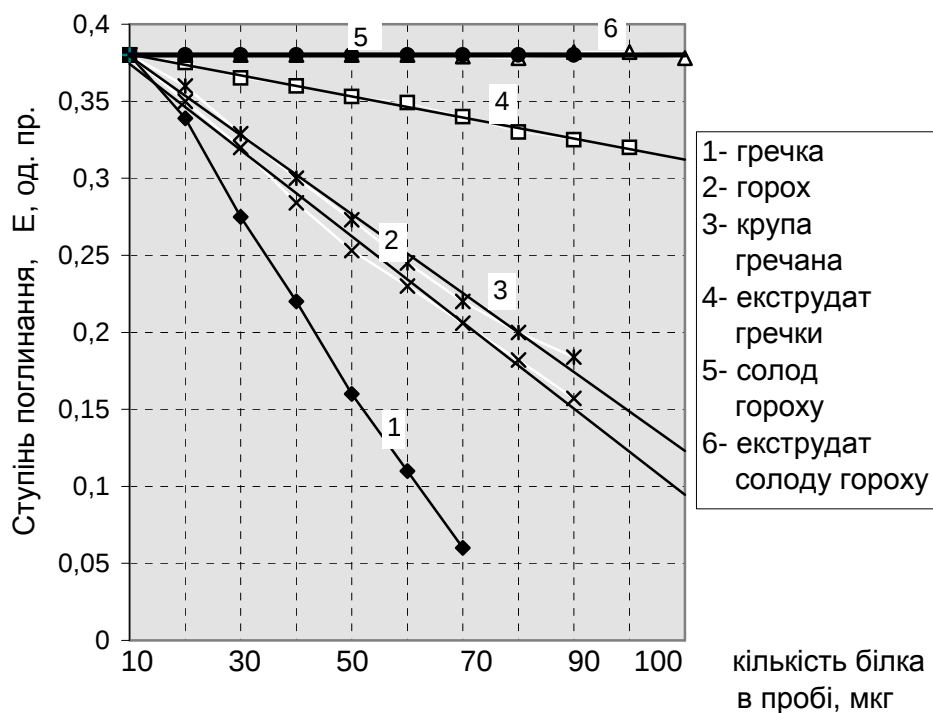


Рис. 6 Залежність гідролітичної дії трипсину від присутності в пробі білку

Для зразків гречки це зв'язування в 3,1 раза більше ніж для гороху, що свідчить про збільшений вміст інгібітору в гречці. Аналіз даних інгібіторної активності для зразків, які підлягали гідротермічному обробленню (крупа) та екструзійному обробленню дозволяють

припустити, що інгібітори гречки більш термостійкі ніж інгібітори гороху. Після екструзії гідролітична дія трипсину в екструдаті гречки збільшується в 1,5 рази в порівнянні з нативною гречкою, в гречці після гідротермічного оброблення - в 1,3 рази.

Встановлено, що в результаті екструзії значним змінам підлягають вуглеводи (табл. 2).

Таблиця 2

Зміни вуглеводів в процесі екструзії

Зразок	До екструзії			Після екструзії		
	кількість крохмалю, % на СР*	кількість декстринів, % на СР	кількість амілози, % на СР	кількість крохмалю, % на СР	кількість декстринів, % на СР	кількість амілози, % на СР
Борошно гречане	65,3	3,54	0,161	49,5	23,10	1,329
Борошно пшеничне	54,3	3,28	0,149	44,1	21,40	1,301
Борошно горохове	44,4	5,20	0,259	33,4	23,91	1,456
Рис	55,3	2,83	0,227	44,2	20,02	1,430
Кукурудза	56,9	1,04	0,057	38,7	23,04	1,384

*СР - суха речовина.

Як видно з таблиці 2, в процесі екструзії зменшується кількість крохмалю, при цьому збільшується кількість декстринів і амілози, що підвищує харчову цінність продуктів екструзії. Це відбувається за рахунок теплового гідролізу і механічної деструкції.

При дослідженні змін вуглеводів по зонам екструдера встановлено, що основні зміни відбуваються в третій зоні і перед матрицею, що пов'язується з більш високою температурою дії, значним механічним зусиллям і дією високого тиску.

В результаті екструзії відбувається перехід значної частини кристалічної фази крохмалю в аморфну (рис. 7). Дифрактограми сировини на фоні широких гало мають виразні піки, а дифрактограми екструдатів мають лише один пік з незначною площею.

Зниження ступеню кристалічності крохмальних зерен зумовлює підвищення харчової цінності сухих сніданків, оскільки із зменшенням частки кристалічної фази збільшується здатність крохмалю до дії амілолітичних ферментів.

В процесі екструзії відбувається зменшення кількості ненасичених жирних кислот, ліпідів, що обумовлено утворенням амілоліпідних комплексів, термічною деградацією та паровою дисоціацією.

Рис. 7 Дифрактограми пшеничного борошна (а),

рисової крупи (в) та їх екструдатів (б,г)

Встановлено, що в процесі екструзії руйнується певна кількість вітамінів. Для забезпечення підвищеного вмісту вітамінів в кінцевих продуктах рекомендується додавати їх при дражируванні та глазуруванні.

Екструзійне оброблення зернової сировини забезпечує знищення практично всієї, навіть спорової, мікрофлори.

Результати мікроскопічних досліджень сировини в різних зонах екструдера показали, що в першій зоні зерна крохмалю мають круглу та подовжену форму, різні розміри, на їх поверхні спостерігаються складки та залишки тонкої плівки, що утворилася в процесі розриву білкової матриці, яка покривала крохмальні зерна. В результаті дії механічних сил на зернах спостерігається поява клейстеризованих ділянок крохмалю, поверхня зерен неоднорідна, відбувається утворення внутрішньої порожнини. При подальшому обробленні з'являється складчаста поверхня, видно розриви тонкої плівки, що покриває крохмальні зерна. Перед матрицею спостерігається утворення однорідної поверхні (рис. 8).

Рис. 8 Мікроструктура екструдату гречаного борошна по зонах екструдера (а - I зона, б - II зона, в - III зона, г - IV зона).

РОЗДІЛ 4. Наукове обґрунтування та реалізація шляхів інтенсифікації екструзійного оброблення зернових і бобових культур.

Запропоновані способи інтенсифікації процесу екструзії зернових і бобових культур шляхом їх оброблення інфрачервоним випромінюванням, струмами надвисокої частоти та солодощенням.

Підібрані оптимальні параметри оброблення гречки та гороху інфрачервоним випромінюванням - густина падаючого потоку та тривалість опромінення. Досліджений вплив інфрачервоного випромінювання на зміни біополімерів гречки та гороху. Встановлено, що при цьому зменшується вміст крохмалю, збільшується кількість амілози і декстринів, причому найбільші зміни вуглеводного комплексу відбуваються за умов вибуху зернівки.

Оброблення зерна інфрачервоним випромінюванням веде до часткового зменшення практично всіх амінокислот і розчинності альбумінової та глобулінової фракцій білка. При цьому вміст лугорозчинної та спирторозчинної фракцій незначно збільшується, що говорить про денатураційні зміни в процесі інфрачервоного оброблення зерна (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив оброблення інфрачервоним випромінюванням гречки та гороху на фракційний склад їх білків

Зразок	Вміст білка, %	Фракційний склад білка гречки та гороху, % до загальної кількості білку			
		альбуміни	глобуліни	проламіни	глютеліни
Гречка	10,8	39,5	9,7	3,6	27,8
Гречка оброблена	10,7	36,4	8,1	4,0	28,0
Горох	22,4	38,7	29,0	4,1	11,8
Горох оброблений	22,3	35,0	23,1	5,4	12,9

Розроблена технологія виробництва солоду гречки. Підібраний перспективний сорт для виробництва солоду гречки - "Богатир". При проведенні дослідження впливу температури води та режиму замочування гречки на процес водопоглинання зерна та його пророщування, встановлено, що специфічна будова горішка гречки потребує більш тривалих повітряних пауз, тому замочування гречки краще проводити в повітряно-водяному режимі з тривалими повітряними паузами при температурі води 20-25 °С.

Вивчення впливу технологічних параметрів солододорощення (температури і тривалості) на якість готового солоду показало, що збільшення температури солододорощення призводить до збільшення екстрактивності внаслідок підвищення ферментативної активності, в результаті чого кількість розчинних речовин збільшується. Збільшення кількості амінного азоту спостерігається протягом усього періоду солододорощення. Встановлено, що у солоді, пророщеному протягом 6 діб при температурі 20 °С, вміст амінного азоту менший, ніж у солоді, який пророщували 6 діб при температурі 17 °С. Це викликано більш інтенсивним розвитком вегетативних частин зерна і великими витратами амінного азоту на синтез нових високомолекулярних речовин у тканинах листків та корінців. Встановлено, що збільшення температури солододорощення сприяє гідролізу білкових речовин, але при підвищенні до 20 °С посилюється ріст вегетативних частин зерна, що призводить до зниження низькомолекулярної фракції (табл. 4). Збільшення температури солододорощення призводить до більш високого вмісту редуруючих речовин, що свідчить про інтенсивне проходження гідролізу крохмалю.

Таблиця 4

Вплив температури пророщування на фракційний склад білкових речовин гречаного солоду

Температу-ра, °C	Загальний роз- чинний азот, % на СР	% від загальної кількості розчинного азоту		
		Фракції		
		А	В	С
14	1,12	44,7	16,3	39,0
17	1,28	41,3	7,7	51,0
20	1,20	39,8	11,8	48,4

В процесі солодощення збільшується вміст вільних жирних кислот внаслідок гідролітичного розщеплення жирів під дією ліпази.

Дослідження процесу сушки солоду показали, що його необхідно вести в 2 етапи: 1 етап - при температурі 60 - 70 °C протягом 12 год; 2 етап - при температурі 100 -105 °C протягом 5-6 хв.

Оптимальна температура екструзії попередньо обробленої сировини дещо менша ніж нативної (рис. 9), причому, найменшу температуру екструзії має сировина, яку обробляли струмами надвисокої частоти та ІЧ випромінюванням. Така різниця температур екструдювання та коефіцієнтів спучування пояснюється попереднім обробленням сировини, в результаті якого частина крохмалю клейстеризована, перетворилась в декстрини, міжмолекулярні сили зчеплення між зернами послаблені, білок частково денатурований - тому для порушення структури біополімерів в процесі екструзії та для створення нової структури необхідно витратити менше енергії, ніж для таких самих перетворень в нативних зернових.

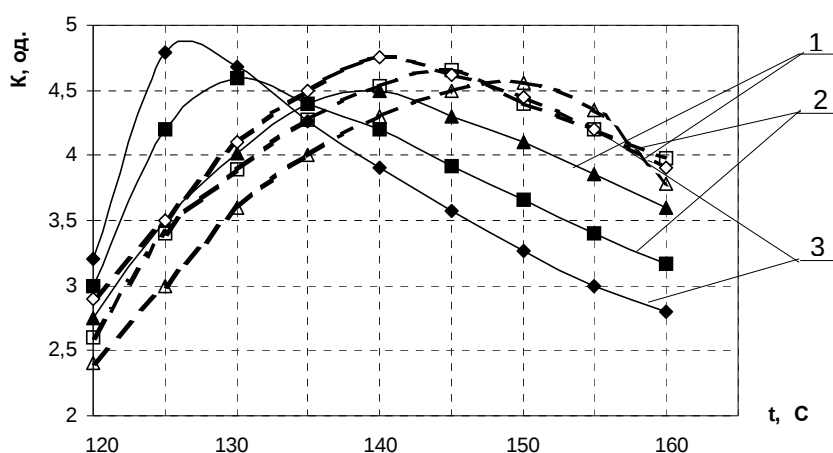


Рис. 9 Вплив температури екструдуювання на коефіцієнт спучування нативної та обробленої гречки / / і геруху / / (1 - нативне зерно, 2 - солод, 3 - зерно оброблене струмами НВЧ та ІЧ випромінюванням)

Аналогічні результати були отримані при дослідженні інших параметрів процесу екструзії оброблених і натиwnих зернових.

Підтвердженням цих результатів стало визначення структурно-механічних властивостей 3 %-их дисперсій екструдатів.

Встановлено, що попереднє оброблення сировини інтенсифікує процес екструзії і змінює його оптимальні параметри в сторону зменшення температури, вологості сировини, ступеню навантаження на шнеки за рахунок часткової клейстеризації і механічної деструкції крохмальних зерен та незначної денатурації білкових речовин.

РОЗДІЛ 5. Розроблення технології екструдованих крохмалів та екструдованого пшеничного борошна та раціональне їх використання в хлібопекарському і харчоконцентратному виробництві.

Визначені оптимальні параметри екструзійного оброблення крохмалів і пшеничного борошна. Встановлено вплив температури, гранулометричного складу, вологості крохмалів на розчинність їх екструдатів, об'ємну масу, в'язкість 3 %-их дисперсій. Введення лимонної кислоти в кількості 0,05 - 2,0 % веде до зниження в'язкості крохмальних клейстерів і підвищення розчинності внаслідок інтенсивної деструкції полісахаридних ланцюгів. Показано, що додавання сахарози до екструдованих крохмалів зменшує їх здатність до набухання внаслідок високої водозв'язуючої здатності сахарози.

Вивчена можливість застосування екструдованого пшеничного крохмалю (ЕПК) і екструдованого пшеничного борошна (ЕПБ) для перероблення пшеничного борошна з заниженими хлібопекарськими властивостями. Внесення подрібненого екструдату поліпшувало показник газоутворюючої здатності за рахунок внесення з ним цукрів і низькомолекулярних декстринів, які здатні швидко гідролізуватись амілазами борошна до мальтози.

Внесення ЕПБ та ЕПК призводить до зменшення здатності клейковини чинити опір деформаційному навантаженню стиснення.

Дослідження, проведені на фаринографі (табл. 5), показали, що добавка ЕПБ в любій кількості підвищує водопоглинальну здатність тіста на 2,2-5,4 %, а ЕПК на 0,8-2,2 %, що є передумовою для підвищення виходу хліба за рахунок збільшення вологості тіста без погіршення якості виробів. Крім того, добавка ЕПБ в 2 рази, а ЕПК на 25 % прискорює тривалість утворення тіста, при цьому збільшується розрідження тіста, що може бути наслідком част-

кового розчинення набухлих зерен екструзійно оброблених борошна та крохмалю, а також гідролітичного розщеплення крохмалю амілазами в процесі замісу та відлежування.

Таблиця 5

Показники фаринограм тіста з борошна
з заниженими хлібопекарськими властивостями

Зразки	Водопоглиналь- на здатність, мл/100 г	Тривалість тістоутво- рення, хв	Розріджен-ня тіста, од. прил.	Змішуваль-на цінність за Брабендером (ва- лориметри- чна оцінка) од. валор.
Контроль	58,2	2,0	60	48
З добавкою ЕПБ: 5 %	59,6	1,0	125	31
7 %	60,2	1,0	130	30
10 %	61,6	1,0	140	28
З добавкою ЕПК: 0,5 %	58,6	2,0	65	46
1,0 %	59,0	1,5	75	42
1,5 %	58,8	1,5	80	41

З табл. 6 видно, що з додаванням ЕПБ збільшується пружність тіста (за виключенням 5 % ЕПБ) на 5,0-6,5 % в порівнянні з контролем, значно зменшується розтяжність, збільшується відношення P/L. При цьому одночасно зменшується абсолютна величина площі альвеограми і питома робота деформації. Аналогічно, але в меншій мірі, проявляється дія ЕПК.

Таблиця 6

Показники альвеограм тіста з борошна
з заниженими хлібопекарськими властивостями

Зразки	Пруж-ність, мм (P)	Розтяж- ність, мм (L)	P/L	Площа альвеог- рами, см ²	Питома робота де- фор-мації, 10 ⁵ Дж
Контроль	94	62	1,5	32,6	213
З добавкою ЕПБ: 5 %	92	39	2,4	23,3	152
7 %	98	40	2,5	24,0	157
10 %	100	38	2,6	24,3	159
З добавкою ЕПК: 0,5 %	79	56	1,4	28,7	188
1,0 %	88	48	1,8	24,0	157
1,5 %	89	49	1,8	29,6	194

Внесення в тісто ЕПБ та ЕПК за рахунок їх гідрофільності та посилення набухання колоїдів борошна підвищує його в'язкість, в результаті чого поліпшуються пластичні властивості тіста, підвищується питомий об'єм хліба. Однак надмірна в'язкість пригнічує розвиток пор і підйом тіста в печі. Цим можна пояснити незначне зниження питомого об'єму тіста і хліба при добавках ЕПБ та ЕПК в кількості відповідно 10 % та 1,5 %.

Показано, що внесення екструдатів в тісто сприяє сповільненню процесів черствіння хліба (табл. 7).

Таблиця 7

Зміни фізико-механічних характеристик м'якучки хліба
в процесі черствіння

Зразки	Деформація, одиниці пенетрометра								
	загальна			пружна			пластична		
	через			через			через		
	3 год	24 год	48 год	3 год	24 год	48 год	3 год	24 год	48 год
Контроль	72	47	25	19	11	7	53	36	18
З добавкою ЕПБ 5 %	82	59	31	23	16	8	59	43	23
7 %	91	67	38	26	17	10	65	50	28
10 %	87	65	37	25	16	10	62	49	27
З добавкою ЕПК 0,5 %	80	54	30	20	16	8	58	40	22
1,0 %	88	64	36	22	17	10	66	47	26
1,5 %	88	53	34	22	17	9	66	46	25

Розроблена модель ролі екструдованого пшеничного борошна в хлібопекарському виробництві (рис. 10).

РОЗДІЛ 6. Розроблення та наукове обґрунтування способів, що забезпечують подовження гарантійних термінів зберігання.

Вивчені сорбційні властивості сухих сніданків, встановлено, що найбільш інтенсивне поглинання вологи спостерігається в перші три доби. З підвищенням відносної вологості повітря тривалість сорбції збільшується (рис. 11).

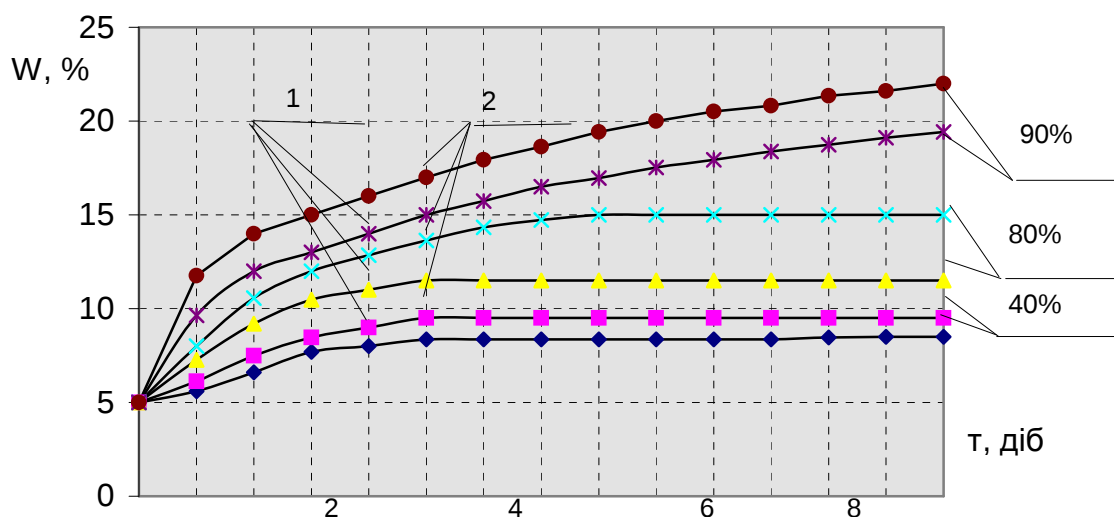


Рис. 11 Залежність вологості екструдатів від терміну зберігання при різних значеннях відносної вологості повітря (1 - солод гречки + кукурудза; 2 - солод гречки + пшеничне борошно)

Побудовані ізотерми сорбції, які мають типовий для колоїдних капілярно-пористих тіл S-подібний вигляд і їх можна умовно розділити на три зони - мономолекулярної адсорбції, набухання та капілярної конденсації.

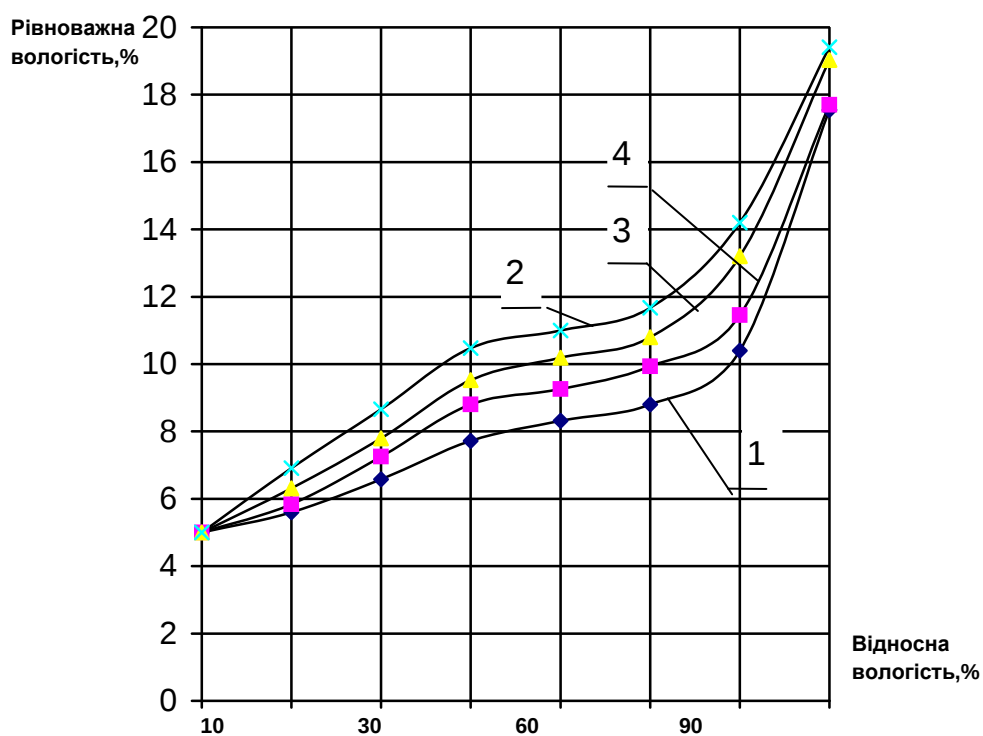


Рис. 12 Ізотерми сорбції сухих сніданків (1- екструдат солоду гречки + кукурудза; 2 - екструдат солоду гороху + пшеничне борошно; 3 - екструдат солоду гороху + гречка; 3 - екструдат солоду гречки + пшеничне борошно)

Розрахована енергія зв'язку води з продуктами екструзії. Встановлено, що збільшення вологості екструдатів веде до зменшення енергії зв'язку з матеріалом, яка змінюється від $0,1 \cdot 10^{-5}$ до $3,11 \cdot 10^{-5}$ Дж/кг. Проведений аналіз тривалості взаємодії молекул води з активними центрами. Методом ЯМР досліджені стан і рухливість молекул води в гречці та продуктах її перероблення. Було встановлено існування двох форм води: капілярно-пористої в одноіменному просторі екструдатів та зв'язаної в крупі. Вони характеризуються високою рухливістю, проте обмін між цими двома формами води досить обмежений та визначається дифузією води в зв'язаній формі.

Розроблена нова методика визначення міцності сухих сніданків та досліджений вплив різних факторів на їх міцність (табл. 8).

Таблиця. 8

Залежність напруги зминання (Н/м^2) від хімічного складу сухих сніданків, температури оброблення та добавки кухонної солі.

Найменування продукту	Температура оброблення (перед матрицею), $^{\circ}\text{C}$		
	135	155	175
Рисові	0,190	0,196	0,209
Гречані	0,285	0,290	0,307
Горохові	0,319	0,326	0,338
Пшеничні+ 0,5%солі	0,462	0,471	0,484
Пшеничні+ 1,0%солі	0,499	0,507	0,520
Пшеничні+ 1,5%солі	0,534	0,543	0,557

Встановлено, що з підвищенням температури міцність екструдатів збільшується за рахунок інтенсифікації реакції Майяра і утворення нових ковалентних зв'язків. Екструдати, одержані з сировини з більшим вмістом білку (горохові), мають більшу міцність в порівнянні з кукурудзяними. Додавання солі збільшує міцність виробів за рахунок утворення локальних поперечних зв'язків - вузлів.

Досліджена пористість екструдатів. Побудовані інтегральна та диференційна криві розподілення пор за ефективними розмірами (рис. 13).

Рис. 13 Інтегральна та диференційна криві розподілення пор за ефективними розмірами рисових сухих сніданків

Встановлено, що діапазон мікропор $18 \cdot 10^{-10} \leq r \leq 42 \cdot 10^{-10}$ м, де спостерігається максимум кривої, відповідає зміні вологовмісту від 12 % до 14 %, що свідчить про необхідність пакування сухих сніданків для збереження їх структурно-механічних властивостей в спеціальну упаковку.

Запропонований спосіб подовження термінів зберігання сухих сніданків, шляхом додавання кверцетину в кількості 0,1 % і вітамінного преміксу 986 фірми Хофман - Ля Рош в кількості 0,2 % до маси готового продукту.

При вивченні механізму вільно-радикального окислення сухих сніданків методом ЕПР визначено (табл. 9), що в процесі зберігання продуктів кількість вільних радикалів зменшується, що зумовлюється їх високою реакційною здатністю і пов'язано з утворенням діамантних продуктів окислення.

Таблиця 9

Зміна кількості вільних радикалів в сухих сніданках при зберіганні

Назва продукту	Кількість вільних радикалів, sp/г		
	початок зберігання	1,5 місяця зберігання	3 місяця зберігання
контроль	$1,7 \cdot 10^{16}$	$0,86 \cdot 10^{16}$	$0,51 \cdot 10^{16}$
продукт з преміксом	$1,7 \cdot 10^{16}$	$1,3 \cdot 10^{16}$	$0,57 \cdot 10^{16}$
продукт з кверцетином	$1,7 \cdot 10^{16}$	$1,2 \cdot 10^{16}$	$0,49 \cdot 10^{16}$

У зразках з преміксом та кверцетином кількість вільних радикалів зменшується повільніше, ніж в контролі, за рахунок заміни високоактивного радикалу субстрату на більш стабільний радикал інгібітору.

Ці дані підтверджуються збільшенням кількості первинних продуктів окислення (перекисів), що утворилися в процесі зберігання сухих сніданків. Так, при додаванні кверцетину приріст кількості перекисів був на 40 % нижчий, ніж в контролі, та на 22 % нижчий, ніж у зразку з вітамінним преміксом.

Кількість вторинних продуктів окислення (альдегідів) збільшується у всіх зразках, але з різною швидкістю (рис. 14).

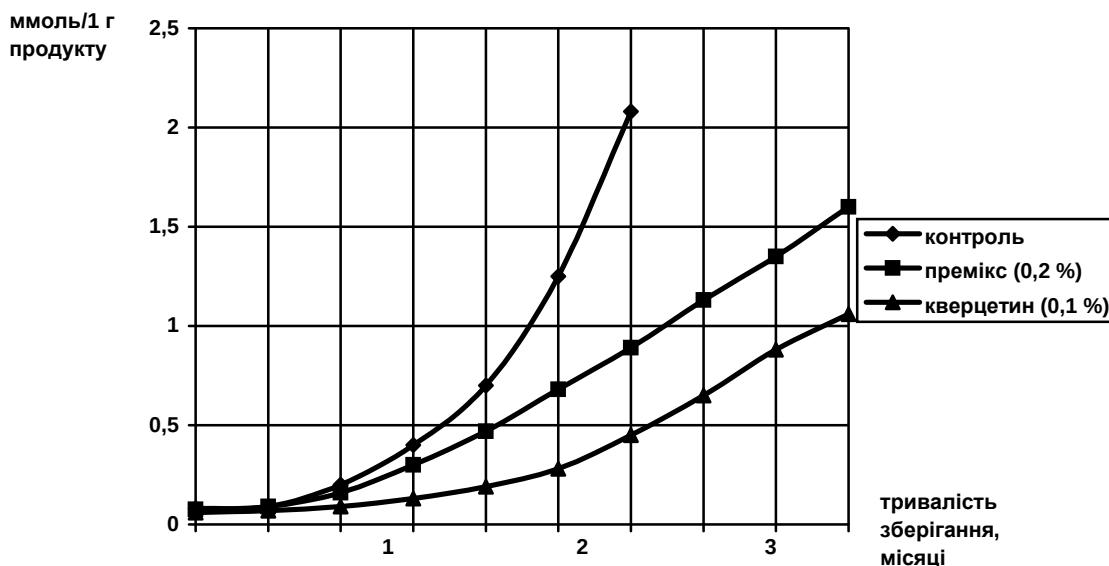


Рис. 14 Вплив кверцетину та преміксу на процес накопичення альдегідів в сухих сніданках при зберіганні

Більш інтенсивно альдегіди накопичуються у контрольному зразку. Найбільша швидкість зростання відбувається після 1,5 місяців зберігання і супроводжується погіршенням смакових властивостей продукту. Прискорення накопичення альдегідів за часом співпадає із зменшенням швидкості накопичення перекисів, що можна пояснити тим, що швидкість утворення альдегідів значно випереджає швидкість утворення перекисів і свідчить про початок глибоких окислювальних процесів.

В зразках з преміксом і кверцетином протягом першого місяця зберігання приріст альдегідів був незначний, що відповідає індукційному періоду в утворенні перекисів. В подальшому, швидкість їх накопичення зростає, але не перебільшує значень контрольного, а також має кореляцію з накопиченням перекисів, з яких вони утворюються. Найбільш ефективним в запобіганні утворення альдегідів виявилось додавання кверцетину.

РОЗДІЛ 7. Розроблення науково обґрунтованих технологій нових видів сухих сніданків повсякденного і спеціального призначення з поліпшеною харчовою, біологічною і фізіологічною цінністю.

Розраховані і експериментально одержані двокомпонентні композиції підвищеної біологічної цінності із збалансованим амінокислотним складом. Встановлено оптимальні параметри їх екструдуювання. Розрахований інтегральний скор.

Для одержання трикомпонентних композицій використовували клас задач "склад - властивості". За входні параметри прийняті: кількість рису X_1 , пшеничного зародку X_2 (від 5 до 25%) і гречки X_3 (від 50 до 70%). Критерієм оптимізації обрано вміст кожної з восьми незамінних амінокислот. Оскільки компоненти суміші змінюються в обмеженій області факторного простору, то вибір стандартної матриці оптимального плану експерименту неможливий, що обумовило необхідність синтезувати Д - оптимальний план для даного типу задачі і моделі другого порядку. Локальна область факторного простору визначалась з урахуванням хімічного складу сировини. Оптимальний план експерименту представлено в табл. 10.

Таблиця 10

Матриця планування експерименту

№ п/п	Кількість рису, X_1	Кількість гречки, X_2	Кількість пшеничного зародку, X_3
1	0,250	0,050	0,700
2	0,220	0,157	0,623
3	0,291	0,206	0,500
4	0,310	0,118	0,512
5	0,167	0,181	0,652
6	0,165	0,250	0,585
7	0,111	0,189	0,700

Розрахунок коефіцієнтів і статистичне оброблення результатів регресійним аналізом за методом найменших квадратів після реалізації експерименту дозволили отримати регресійні рівняння (табл. 11), які адекватно описують

Таблиця 11

Рівняння регресії для незамінних амінокислот

Назва амінокислоти	Рівняння
Валін	$Y = 5,9935 X_1 + 4,6994 X_2 + 6,4453 X_3 + 0,0112 X_1 X_2 + 0,0157 X_1 X_3 + 0,0171 X_2 X_3$
Ізолейцин	$Y = 4,7049 X_1 + 3,7013 X_2 + 4,6243 X_3 + 0,0067 X_1 X_2 + 0,0086 X_1 X_3 + 0,0070 X_2 X_3$
Лейцин	$Y = 8,9057 X_1 + 6,0006 X_2 + 7,5258 X_3 + 0,0015 X_1 X_2 + 0,0090 X_1 X_3 + 0,0049 X_2 X_3$
Лізин	$Y = 3,7051 X_1 + 4,2002 X_2 + 7,4991 X_3 + 0,0019 X_1 X_2 + 0,0124 X_1 X_3 + 0,0051 X_2 X_3$
Метіонін + цистін	$Y = 4,2050 X_1 + 5,2006 X_2 + 2,8899 X_3 + 0,0028 X_1 X_2 + 0,0114 X_1 X_3 +$

	$0,0070 X_2 X_3$
Треонін	$Y = 3,4037 X_1 + 3,2002 X_2 + 5,6291 X_3 + 0,0011 X_1 X_2 + 0,0086 X_1 X_3 + 0,0039 X_2 X_3$
Триптофан	$Y = 1,4014 X_1 + 1,4001 X_2 + 1,1997 X_3 + 0,0007 X_1 X_2 + 0,0028 X_1 X_3 + 0,0017 X_2 X_3$
Фенілаланін + тірозін	$Y = 9,4080 X_1 + 8,1008 X_2 + 7,8677 X_3 + 0,0032 X_1 X_2 + 0,0154 X_1 X_3 + 0,0089 X_2 X_3$

кількість кожної амінокислоти при варіюванні кількості рису, гречки і пшеничного зародку. Перевірка адекватності моделі проводилася з використанням коефіцієнтів лінійної кореляції.

Отримані дані дозволили визначити оптимальні співвідношення компонентів для отримання продукту з рекомендованим за формулою збалансованого харчування вмістом кожної амінокислоти (шкала ФАО/(ВОЗ)) .

Графічна інтерпретація результатів розрахунків у вигляді ізоліній на площині трикутника (рис. 15) за кожною моделлю дозволяє на практиці прогнозувати кількість кожної амінокислоти при обраному співвідношенні рецептурних компонентів. Кожна точка на ізолінії відповідає певному співвідношенню рису, гречки і пшеничного зародку.

Рис. 15 Поверхня відгуку для суміші гречаної, рисової круп та пшеничного зародку: а - по сумі сіркомістких амінокислот; б - по лізину, в - по триптофану, г - по треоніну

Підбір складу по ізолінії дозволяє врахувати технологічні вимоги щодо максимальної кількості пшеничного зародку в суміші (для одержання продуктів з хорошими фізико-хімічними показниками) - 15 %, тому оптимальне співвідношення для композиції знаходиться на ізолінії в правому нижньому куті трикутника.

Для композиції з рису, гречки та пшеничного зародку розроблені моделі і одержані регресійні рівняння, вихідними параметрами яких є вміст вітамінів та мінеральних елементів. Оптимальна їх кількість визначалася середньодобовою рекомендованою дозою.

Для визначення композиції яка б забезпечувала оптимальний вміст в продукті кожної амінокислоти, збалансованого співвідношення насичених, моно- та поліненасичених жирних кислот нами спеціально була розроблена програма, що здійснює підбір композицій, отриманих на основі кожної моделі з урахуванням усіх вимог щодо амінокислотного та жирнокислотного складу, а також визначала ступінь відповідності вмісту вітамінів та мінеральних елементів вимогам нутриціології.

Розроблені технології нових продуктів лікувально-профілактичного призначення, проведені їх медико-біологічні дослідження. Для їх розроблення використовували мікроводорість спіруліну і Міпро-ВІТ, які володіють антисклеротичними, радіопротекторними, імунорегулюючими властивостями.

Встановлено, що добавка в раціон сухих сніданків з спіруліною прискорювала швидкість виведення цезію - 137 з організму. Споживання продукту з спіруліною приводить до підвищення кількості калію та кальцію в сироватці крові з одночасним зниженням натрію і цинку до норми.

У хворих з надлишковою вагою, які споживали сухі сніданки з Міпро-ВІТом, нормалізувався вміст в крові цукру, спостерігалось зниження ваги.

Розроблені технології нових продуктів з добавками кров'яного альбуміну в кількості 5 % до маси цукру, альгінату кальцію в кількості 4 % та пектину в кількості 3 - 4 % до маси всіх компонентів.

Встановлено, що перетравлювальна здатність екструзійних продуктів значно краще нативних зернових.

Розроблена комплексна оцінка якості сухих сніданків згідно основних принципів кваліметрії.

Висновки.

1. На основі системного аналізу та узагальнення теоретичного і експериментального матеріалу дослідження високотемпературної екструзії природних біополімерів розроблені нові технології продуктів екструзії повсякденного та дієто-профілактичного призначення, із збалансованим хімічним складом згідно основних вимог нутриціології за рахунок раціонального використання традиційної і нетрадиційної сировини. За результатами клінічної апробації в Українському науковому центрі радіаційної медицини МОЗ і АМН України і клініці Інституту екогігієни і токсикології ім. Л.І. Медведя МОЗ України встановлено, що нові види сухих сніданків з додаванням спіруліни, Міпро-ВІТу володіють радіозахисними та лікувально - профілактичними властивостями.

2. Науково обґрунтовані і експериментально підтверджені оптимальні параметри екструдкування зернових і бобових культур. Встановлено, що на їх екструзійну здатність впливає хімічний склад (вміст і якість крохмалю, білків, жирів), будова зернівки. Із збільшенням вмісту крохмалю екструзійна здатність зернових підвищується. Білок в кількості більше 15 % пригнічує утворення пористої структури екструдатів, а жир є пластифікатором і в кількості більше 3 % знижує екструзійну здатність.

Отримані математичні залежності зміни якості сухих сніданків від технологічних параметрів процесу. Експериментально встановлено, що в процесі екструзійного оброблення відбувається зменшення вмісту водорозчинних білків та збільшення луго- і спирторозчинних фракцій, зменшення низькомолекулярної та збільшення високомолекулярної фракції. Екструзійне оброблення призводить до зменшення вмісту всіх амінокислот. Вперше науково обґрунтовано і експериментально підтверджено збільшення зв'язків різних типів між біополімерами в процесі утворення екструдатів. Одержані нові дані щодо взаємодії білків деяких зернових з інгібіторами протеолітичних ферментів.

Біохімічні перетворення крохмалю зернових в процесі екструзії супроводжуються зменшенням його кристалічної фази на 52 - 62 %, деструкцією крохмальних полісахаридів і утворенням декстринів, кількість яких збільшується в 7 - 18 разів.

Екструзійне оброблення призводить до знищення практично всієї, навіть спорової, мікрофлори.

3. З метою інтенсифікації процесу екструзійного оброблення розроблені нові способи підготовки сировини: оброблення струмами надвисокої частоти, інфрачервоним випромінюванням, солодощенням. Вперше розроблена технологія солоду гречки. Комплексно досліджений вплив основних параметрів солодощення на біохімічні та хімічні зміни компонентів зерна, систематизований хімічний склад і технологічні властивості солоду гречки. Визначені оптимальні параметри попереднього оброблення сировини інфрачервоним випромінюванням, струмами надвисокої частоти, солодощенням.

4. Науково обґрунтовані оптимальні параметри екструзії зернових та бобових культур, оброблених струмами надвисокої частоти, інфрачервоним випромінюванням та солодощенням. Встановлено, що попереднє оброблення сировини інтенсифікує процес екструзії і змінює його оптимальні параметри в сторону зменшення температури, вологості сировини, ступеню навантаження на шнеки за рахунок часткової клейстеризації і механічної деструкції крохмальних зерен та незначної денатурації білкових речовин.

5. Розроблені нові технології сухих сніданків з подовженим терміном зберігання за рахунок зниження швидкості окислення ліпідного комплексу, а також сповільнення сорбційного водопоглинання. Встановлені оптимальні кількості введення антиоксидантів - кверцетину 0,1 % та преміксу - 0,2 %, які затримують процес утворення жирних кислот, перекисів, альдегідів.

Вивчені гігроскопічні властивості екструдатів. При відносній вологості повітря 60 - 70 % рівноважна вологість продуктів становить 9 - 12 %. Рекомендовано зберігати сухі сніданки

в спеціальній упаковці, яка забезпечує підтримання хороших структурно-механічних властивостей. Розроблений метод оцінки якості сухих сніданків за їх міцністю.

6. Розроблена технологія екструдованого пшеничного борошна і екструдованого пшеничного крохмалю. Доведена можливість їх застосування як поліпшувачів при переробленні борошна з заниженими хлібопекарськими властивостями. Показано, що вони відіграють роль інтенсифікатора процесу тістоприготування, структуроутворювача і стабілізатора тіста. При внесенні в тісто ЕПБ та ЕПК сповільнюється процес черствіння. Встановлені оптимальні дози: для ЕПБ - 7 %; для ЕПК - 1 % до маси борошна.

7. На основі вирішення задач "технологія - властивості" та "технологія - склад - властивості" розроблені математичні моделі одержання сухих сніданків із збалансованим хімічним складом згідно вимог нутриціології. Запропонована оцінка якості сухих сніданків за комплексним показником, який враховує харчову, біологічну цінність і органолептичні показники.

8. Розроблена та затверджена нормативно-технічна документація на:

- продукти екструзійної технології для дитячого харчування;
- сухі сніданки з використанням солоду гороху;
- сухі сніданки з продуктами моря лікувально-профілактичного призначення;
- екструдоване пшеничне борошно;
- сухі сніданки з подовженим терміном зберігання.

На солод гречки розроблений проект технічних умов.

Розроблено більше 20 рецептур сухих сніданків, частина яких впроваджена у виробництво на Бориспільському заводі продтоварів, АТЗТ "Діалог", Стеблівському заводі продтоварів. Технологія і рецептури на нові види сухих сніданків захищені 16 патентами України.

Економічний ефект від впровадження двох нових видів сухих сніданків на Бориспільському заводі продтоварів при випуску їх 40 т на рік складе 16425,2 грн, на підприємствах Укрпродспілки - 807450 грн.

Перелік робіт, що опубліковані за темою дисертації.

Брошури:

1.Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Хіврич Б.І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів. - К.: УкрІНТЕІ, 1995. - 63 с.

2.Перетворення білкових речовин у процесі екструзійної обробки / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Ковальов О.В., Гайдук В.В., Терлецька В.А., Дячук О.В. - К.: УкрІНТЕІ, 1996. - 19 с.

3.Розробка продуктів екструзійної технології з використанням пророщеного зерна / Ковбаса В.М., Терлецька В.А., Єгорова І.К., Хіврич Б.І., Миронова Н.Г., Дорохович А.М., Кобилінська О.В. - К.: УкрІНТЕІ, 1996.- 19 с.

4.Використання продуктів екструзійної обробки у хлібопекарському виробництві / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Ковальов О.В., Шепеля Н.В. - К.: УкрІНТЕІ, 1996. - 17 с.

Статті в фахових наукових журналах і збірниках наукових праць:

5.Екструзія як процес оброблення харчової сировини / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Дорохович А.М., Бондар І.П.: Зб. наук. пр. - К.: Український державний університет харчових технологій. - 1997. - С.95-97.

6.Ковбаса В.М. Вплив екструдованого пшеничного борошна на процес приготування хліба. Зб. наук. пр. - К.: Український державний університет харчових технологій. - 1997. - С.107-108.

7. Ковбаса В.М. Проектування оптимальних рецептурно - технологічних режимів виробництва сухих сніданків із збалансованим амінокислотним складом. Зб. наук. пр. - К.: Український державний університет харчових технологій. - 1997. - С.109-110.

8.Ковбаса В.М. Вплив параметрів процесу екструзії на деякі фізико-хімічні показники екструдатів. Зб. наук. пр. - К.: Український державний університет харчових технологій. - 1997. - С.110-111.

9.Ковбаса В.М., Осейко М.І., Миронова Н.Г. Вплив антиоксидантів на якість і термін зберігання сухих сніданків // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. Зб. наук. пр. - Харьков.: Харьковский государственный политехнический университет. 1998. Выпуск 6, часть 3, с. 302 - 306.

10.Экструдированный пшеничный крохмал как улучшитель для хлебопекарных изделий/ Ковбаса В.Н., Кобылинская Е.В., Ковалев А.В., Олифиренко В.Н.: Известия ВУЗов. Пищевая технология. - 1998. - № 2 - 3. - с. 21-23.

11.Влияние некоторых продуктов на срок хранения сухих завтраков/ Миронова Н.Г., Ковбаса В.Н., Кобылинская Е.В., Хиврич Б.И.: Известия ВУЗов. Пищевая технология. - 1998. - № 2 - 3. - с. 29-31.

- 12.Миронова Н.Г., Ковбаса В.Н. Разработка оптимальных рецептур сухих завтраков повышенной биологической ценности с использованием математического моделирования // Хранение и переработка сельхозсырья. - 1998. - №1. - С.51-52.
- 13.Миронова Н.Г., Корзун В.Н., Ковбаса В.Н. Использование спироулины в производстве сухих завтраков // Хранение и переработка сельхозсырья. - 1998. - № 7. - С. 43-45.
- 14.Ковбаса В.Н., Миронова Н.Г., Шепеля Н.В. Влияние экструзионной муки на процесс производства пшеничного хлеба // Хлебопечение России. - 1997. - №1. - С. 23-24.
- 15.Терлецька В.А., Ковбаса В.М., Кобилінська О.В. Використання солоду гречки для виробництва сухих сніданків підвищеної харчової і біологічної цінності // Вісник аграрної науки. - 1997. - №10. - С. 65 - 66.
- 16.Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Шаповал С.В. Зміни вуглеводного комплексу зернових у процесі екструзії // Вісник аграрної науки. - 1997. - №3. - С. 55 - 57.
- 17.Ковбаса В.М., Кобилінська О.В. Екструзійні крохмалі // Харчова та переробна промисловість. - 1997. - №10. - С.15.
- 18.Сухі сніданки/ Бондар І.П., Ковбаса В.М., Ковалевська Є.І., Миронова Н.Г.: Харчова та переробна промисловість. - 1997. - №8. - С.29.
- 19.Ковбаса В.М. Міцність екструдатів // Харчова та переробна промисловість. - 1997. - №12. - С.38.
- 20.Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Терлецька В.А., Дячук О.В., Варгатий О.Л. Нові продукти екструзійної технології підвищеної біологічної цінності // Новые технологии пищевых производств и актуальные проблемы развития торговли и общественного питания: 36. наук. пр. - Харьков: Украинская государственная академия технологии и организации питания. - 1995. - С.143-146.
- 21.Ковбаса В.М. Застосування екструдованого пшеничного крохмалю як поліпшувача в хлібопекарському виробництві // Проблеми та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів. - Одеса: Одеська державна академія харчових технологій. 1997 - т. 3: Нове в технології та техніці хлібопекарного виробництва та пакування харчових продуктів. - С.6-9.
22. Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Ляшенко О.М. Розробка нових продуктів екструзійної технології протифілактичної дії // Проблеми та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів. - Одеса: Одеська державна академія харчових технологій. 1997 - т. 3: Нове в технології та техніці хлібопекарного виробництва та пакування харчових продуктів. - С.10 -12.

23.Миронова Н.Г., Ковбаса В.М. Розрахунок рецептур сухих сніданків із збалансованим амінокислотним складом за допомогою математичного моделювання // Проблеми та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів. - Одеса: Одеська державна академія харчових технологій. 1997 - т. 3: Нове в технології та техніці хлібопекарного виробництва та пакування харчових продуктів. - С. 42.

24.Кобилінська О.В., Ковбаса В.М., Вдовиченко А.С. Застосування екструдованих крохмалів для харчових концентратів швидкого приготування // Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації. - Полтава: Полтавський кооперативний інститут. 1998р. - с. 173 -176.

25.Деякі питання розвитку екструзійної технології / Терлецька В.А., Ковбаса В.М., Хіврич Б.І., Сергеев А.Д. - // Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації. - Полтава: Полтавський кооперативний інститут. 1998р. - с. 306 - 310.

26.Структурні перетворення продуктів екструзійної технології підвищеної харчової цінності / Миронова Н.Г., Ковбаса В.М., Фоменко В.В., Бондар І.П. -// Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації. - Полтава: Полтавський кооперативний інститут. 1998р. - с. 354 - 360.

27.Ковбаса В.М. Хімічні модифікації білка в процесі термовлагообробки / Експрес - новини: наука, техніка, виробництво. - К.: УкрІНТЕІ, 1996. - № 22. - С.3.

28. Ковбаса В.М. Вплив температури на якісні зміни білка / Експрес - новини: наука, техніка, виробництво. - К.: УкрІНТЕІ, 1996. - № 22. - С.3 - 4.

29.Терлецька В.А., Ковбаса В.М., Кобилінська О.В. Про зміни сірковмістких амінокислот у процесі екструзії / Експрес - новини: наука, техніка, виробництво. - К.: УкрІНТЕІ, 1996. - № 22. - С.8 - 9.

30.Кобилінська О.В., Ковбаса В.М. Застосування екструзійної обробки як способу модифікації крохмалів / Експрес - новини: наука, техніка, виробництво. - К.: УкрІНТЕІ, 1997. - № 21 - 22. - С.6 - 7.

31.Миронова Н.Г., Ковбаса В.М., Суровцева Т.А. Використання деяких антиокисників у виробництві сухих сніданків / Експрес - новини: наука, техніка, виробництво. - К.: УкрІНТЕІ, 1997. - № 21 - 22. - С.9 - 10.

Патенти:

32.Патент на винахід N14925 А. Спосіб виробництва гречаного солоду / Дорохович А.М., Ковбаса В.М., Терлецька В.А.

33.Патент на винахід N22370 А. Склад начинки для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Араніна І.Л., Волошина В.П., Бойченко К.Л., Лопатін Г.І.

34.Патент на винахід № 23569 А. Спосіб виробництва сухого сніданку / Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Араніна І.Л., Волошина В.П., Бойченко К.Л., Лопатін Г.І.

35.Патент на винахід № 23846 А. Спосіб для виробництва сухого сніданку / Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Араніна І.Л., Волошина В.П., Бойченко К.Л., Лопатін Г.І.

36.Патент на винахід № 23786 А. Склад для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Терлецька В.А., Дорохович А.М., Кобилінська О.В., Єгорова І.К., Сташейко В.І., Степаненко Т.О.

37.Патент на винахід № 23787 А. Склад для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Терлецька В.А., Дорохович А.М., Емельянова Н.О., Сташейко В.І., Сергеев А.Д., Недєліна Л.М.

38.Патент на винахід № 24426 А. Склад інгредієнтів для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Терлецька В.А., Дорохович А.М., Кобилінська О.В., Хіврич Б.І.

39.Патент на винахід № 24429 А. Склад для сухого сніданку з пшениці і солоду гречки / Ковбаса В.М., Терлецька В.А., Кобилінська О.В., Сташейко В.І.

40.Патент на винахід № 23777 А. Склад для сухого сніданку з пшениці збагаченого білком / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Дорохович А.М., Дячук О.В., Ковальов О.В.

41.Патент на винахід № 23776 А. Склад для сухого сніданку з риса збагаченого білком / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Дорохович А.М., Дячук О.В., Ковальов О.В.

42.Патент на винахід № 24209 А. Склад для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Дорохович А.М., Дячук О.В., Ковальов О.В.

43.Патент на винахід № 24208 А. Склад інгредієнтів для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Дорохович А.М., Дячук О.В.

44.Патент на винахід № 23521 А. Склад для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Терлецька В.А., Дорохович А.М., Кобилінська О.В., Хіврич Б.І. Єгорова І.К., Отт В.Д., Коваленко Г.Б., Місник В.П.

45.Патент на винахід № 24194 А. Спосіб виробництва сухих сніданків / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Терлецька В.А., Кобилінська О.В., Вознюк П.А., Луцик Ю.П.

46.Патент на винахід № 23571 А. Спосіб виробництва здобних сухарів / Ковбаса В.М., Кобилінська О.В., Вдовиченко А.С., Вільчинська В.Ф.

47.Патент на винахід № 23568 А. Склад для сухого сніданку / Миронова Н.Г., Ковбаса В.М., Сипало Л.О., Гулий І.С., Бобрівник Л.Д., Ремесло Н.В.

48.Рішення про видачу патенту України на винахід без проведення експертизи по суті N97063351 від 27.05.98р. Склад для сухого сніданку/ Ковбаса В.М., Дячук О.В., Миронова Н.Г.

49.Рішення про видачу патенту України на винахід без проведення експертизи по суті N97063326 від 20.05.98р. Спосіб виробництва сухого сніданків / Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Араніна І.Л., Волошина В.П., Бойченко К.Л., Лопатін Г.І.

50.Рішення про видачу патенту України на винахід без проведення експертизи по суті N97063282 від 13.05.98р. Склад начинки для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Дорохович А.М., Ковалевська Є.І., Крапивницька І.О.

51.Рішення про видачу патенту України на винахід без проведення експертизи по суті N97063357 від 27.05.98р. Склад глазурі для сухого сніданку / Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Корзун В.Н., Ятченко О.О. Фліс Л.М., Смирнов А.Е., Шевеленко О.М.

52.Рішення про видачу патенту України на винахід без проведення експертизи по суті N97063279 від 11.05.98р. Спосіб виробництва хліба / Ковбаса В.М., Кобилінська О.В., Оліфіренко В.М., Баглюк С.В., Лазаренко М.В.

Депоновані роботи:

53.Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Решетицький С.С., Бондар І.П., Олефіренко В.М. Системи одношнекових і двушнекових екструдерів. - Київ, 1996. - 10с. Деп. в ДНТБ України 12.03.96р., № 747 - Ук96.

Тези доповідей на наукових конференціях:

54.Ковбаса В.Н., Дорохович А.Н., Хиврич Б.И. Новые экструзионные продукты повышенной биологической ценности / Труды Международной научно-технической конференции “Научно - технический прогресс в пищевой промышленности”.-Могилев: Могилевский технологический институт.- 1995.-С.46.

55.Ковбаса В.Н., Дорохович А.Н., Хиврич Б.И., Гайдук В.В. Применение нетрадиционных видов крахмалсодержащего сырья для получения экструзионных продуктов повышенной биологической ценности // Труды межрегиональной научно - практической конференции “Пищевая промышленность - 2000” - Казань.: Казанский государственный технологический университет. - 1996. - С.39.

56.Ковбаса В.М., Сергеев А.Д., Бондар І.П., Дорохович А.М. Дослідження оптимальних параметрів процесу екструзії зернової сировини // Праці ІХ міжнародної конференції “Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та нафтохімічних виробництв. -

Одеса.: Одеська державна академія харчових технологій. - том 1: Гідромеханічні процеси. Мембранні технології. - 1996. - С.54.

57.Kovbasa V.N., Mironova N.G., Bobrovnik J.D., Remeslo N.V., Sypalo J.O. We of topinambur powder in manufacture of extrusion technique products // International workshop on inulin as medicine food ingredient. Properties and applications of inulin Kiev, Ukrainian State University of Food Technologies. -1997.-С.14

58.Миронова Н.Г., Ковбаса В.Н., Корзун В.Н., Ятченко Е.А., Флис Л.Н. Использование водорослей в производстве сухих завтраков // Труды международной научно - технической конференции “ Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности” - Воронеж.: Воронежская государственная академия. - 1997. - С.52-54.

59.Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Осейко М.І, Королюк Т.А. Дослідження впливу деяких антиоксидантів на термін зберігання сухих сніданків // Праці міжнародної науково - технічної конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість - Київ: Український державний університет харчових технологій. - 1997. - С.81.

60.Миронова Н.Г., Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Бойченко К.Л., Кротова Л.Г., Дячук О.В. Застосування зародку пшениці у виробництві сухих сніданків // Праці міжнародної науково - технічної конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість - Київ: Український державний університет харчових технологій. - 1997. - С.82.

61.Терлецька В.А., Ковбаса В.М., Хіврич Б.І., Єгорова І.К., Чернишов С.О. Зміни ненасичених жирних кислот у процесі пророщування та екструзійного оброблення зернових культур // Праці міжнародної науково - технічної конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість - Київ: Український державний університет харчових технологій. -1997.- С.83

62.Ковбаса В.М., Миронова Н.Г., Крапивницька І.О. Використання пектину у виробництві сухих продуктів екструзійної технології // Праці міжнародної науково - технічної конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість - Київ: Український державний університет харчових технологій. - 1997. - С.24.

63.Миронова Н.Г., Ковбаса В.Н., Терлецкая В.А. Исследование микроструктуры экструдатов, полученных на одно- и двухшнековых экструдерах // Труды международной научно

- технической конференции “Техника и технология пищевых производств. - Могилев: Могилевский технологический институт. -1998. - С.63.

64.Терлецкая В.А., Ковбаса В.Н., Сергеев А.Д. Изменение фракционного состава белков солода гороха в результате экструзии // Труды международной научной конференции “Рациональные пути использования вторичных ресурсов АПК” - Краснодар, - 1997. - С.113.

Ковбаса В. М. Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розробка раціональних технологій харчоконцентратів і хлібопродуктів поліпшеної якості. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.01 - технологія хлібопродуктів і харчоконцентратів. - Український державний університет харчових технологій, Київ, 1998.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню, розробленню та впровадженню технологій харчоконцентратів та хлібопродуктів поліпшеної якості з застосуванням високотемпературної екструзії. Для інтенсифікації процесу запропоновані способи підготовки сировини - оброблення струмами надвисокої частоти, інфрачервоним випромінюванням, солодощення. Розроблена технологія виробництва сухих сніданків лікувально-профілактичної дії та подовжених термінів зберігання. Встановлена ефективність застосування екструдованого пшеничного борошна і крохмалю для переробки борошна з заниженими хлібопекарськими властивостями. Здійснено впровадження запропонованих технологій у виробництво, приводяться дані медико-біологічних досліджень і ефективності нових технологій.

Ключові слова: екструзія, параметри процесу, рецептурні композиції, сухі сніданки, білки, крохмаль, спіруліна, солод, набухання, харчова цінність.

Ковбаса В.Н. Научное обоснование высокотемпературной экструзии природных биополимеров и разработка рациональных технологий пищевых концентратов и хлебопродуктов улучшенного качества. - Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.18.01. технология хлебопродуктов и пищевых концентратов. - Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 1998.

Диссертация посвящена обоснованию, разработке и внедрению технологий пищевых концентратов и хлебопродуктов улучшенного качества с применением высокотемпературной экструзии. Для интенсификации процесса предложены способы подготовки сырья - обработка токами сверхвысокой частоты, инфракрасным излучением, солодоращение. Разработана технология производства сухих завтраков лечебно-профилактического действия и продленных сроков хранения. Установлена эффективность применения экструдированной пшеничной муки и экструдированного пшеничного крахмала для переработки муки пониженных хлебопекарных свойств. Предложенные технологии внедрены в производство, проведены их медико-биологические исследования, показана эффективность новых технологий.

Ключевые слова: экструзия, параметры процесса, рецептурные композиции, сухие завтраки, белки, крахмал, спиролина, солод, набухание, пищевая ценность.

Kovbasa V.M. Scientific motivation of high-temperature extrusion natural biopolymers and development of rational technologies of food concentrates and bread-making product improve quality. - Manuscript.

Thesis for a doctor's degree by specialty 05.18.01. - Technology of bread-making product and food concentrates. - Ukrainian State University of Food Technologies, Kyiv, 1998.

The dissertation is devoted to the motivation, development and inculcation of technologies of food concentrates and bread-making product improve quality with using of high-temperature extrusion. For intensification process offered ways of preparation cheeses - a processing by currents of extra high frequency, infrared radiating, malting. Designed technology of production of dry morning meals medical-preventive action and prolong. Installed efficiency of using extrudated wheat flour and extrudated wheat starch for the conversion of flour lowered baking characteristics. Offered technologies are introduced in the production, conducted their physician-biological studies, shown efficiency of new technologies.

Keywords: extrusion, parameters of process, compounding composition, dry morning meals, protein, starch, spirulina, malt, swell, nutritive value.