

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

САФОНОВА ОЛЬГА МИКОЛАЇВНА

УДК 664.641.2.002.35

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ І ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПРОДУКТІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ БОРОШНЯНОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів
та харчових концентратів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2007

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

- Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Перцевий Федір Всеволодович,
Харківський державний університет харчування та торгівлі, кафедра технології харчування, професор
- Офіційні опоненти:
- доктор технічних наук, професор
Дорохович Антонела Миколаївна
Національний університет харчових технологій,
кафедра технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів, професор
- доктор сільськогосподарських наук, професор
Рудавська Ганна – Дарія Богданівна
Київський національний торговельно-економічний університет, кафедра товарознавства та експертизи продовольчих товарів, професор
- доктор технічних наук, професор
Черно Наталія Кирилівна
Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра органічної хімії, завідувач кафедри
- Провідна установа: Львівська комерційна академія, кафедра товарознавства продовольчих товарів (м. Львів)

Захист відбудеться “21” березня 2007 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.04 Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ – 33, вул. Володимирська, 68, ауд. А – 311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ – 33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розіслано “ “ лютого 2007 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, кандидат технічних наук

С.І. Літвин-
чук

Підп. до друку 12.02.2007 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Наклад 120 прим. Замов. №.....

ДОД ХДУХТ вул. Клочківська, 333, 61051, м. Харків - 51

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Аналіз сучасного вітчизняного ринку борошняних продуктів свідчить, що представлений на ньому асортимент борошняної сировини є замалим. Найбільш розповсюджені види борошна – пшеничне, житнє. Обмеженість використання інших видів борошна (від 5 до 20%, іноді до 40% на заміну пшеничного), нетрадиційних для хлібопекарської та кондитерської галузей, пояснюється незадовільними структурно-механічними та органолептичними властивостями готових виробів і свідчить про необхідність застосування поліпшувачів харчових добавок.

Розробці наукових основ використання різноманітної борошняної сировини і харчових добавок для поліпшення продуктів хлібопекарської та кондитерської галузей присвячено роботи відомих вітчизняних науковців В.І.Дробот, А.М.Дорохович, а також вчених Л.Я.Ауермана, Н.П.Козьміної, Р.Д.Поландової, Л.І.Пучкової, R.Swanson, R.S.Kadan і багатьох інших. Проте, досвід використання поліпшувачів стосується переважно продуктів з борошна пшеничного. Досліджень із застосування добавок для поліпшення якості продукції з інших видів борошна обмаль, вони не носять системного характеру. Питання про можливий механізм формування структури тіста та якості виробів під дією харчових добавок для хлібопекарських і борошняних кондитерських виробів є дискусійними і повністю не з'ясованими.

Структурно-механічні властивості тістових мас значною мірою зумовлюються своєрідністю білкових макромолекулярних структур, що створені за участі ковалентних і нековалентних зв'язків, чутливих до дії таких чинників, як значення рН середовища та кількість водневих зв'язків, що є підґрунтям для вибору поліпшувачів харчових добавок.

Серед речовин-регуляторів кислотності провідне місце посідають органічні кислоти та їх натрієві солі. На наш погляд, доцільно використовувати добавки, що характеризуються економічною та сировинною доступністю (лимонну та оцтову кислоти, цитрат натрію, ацетат натрію). В якості речовин, здатних до утворення водневих зв'язків, можна застосовувати багатоатомні спирти (зокрема, гліцерин).

Використання запропонованих добавок дає можливість не тільки поліпшувати якість виробів зі слабого пшеничного борошна, але й залучати до виробничого обігу нетрадиційну вітчизняну борошняну сировину, таку, як соргове, ячмінне, трітікалеве борошно. Усі вони характеризуються більш високою харчовою цінністю та більш низькою вартістю порівняно з пшеничним борошном, мають нейтральні смак і запах, а також оригінальний колір (соргове борошно).

Таким чином, важливою є проблема якісного управління процесом утворення тіста з різної борошняної сировини з урахуванням її цільового призначення в борошнопереробних галузях, у тому числі в комплексі з поліпшувачами харчовими добавками. Тому виявлення закономірностей і механізмів регулювання структурно-механічних властивостей тіста з нетрадиційної для кондитерської та хлібопекарської галузі борошняної сировини та розробка науково обґрунтованих технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів, що дозво-

лить розширити сировинний потенціал галузі та асортимент готової продукції, підвищити її харчову цінність, є актуальною і важливою проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувались відповідно до тематики науково-дослідних робіт ХДУХТ в межах держбюджетних тем: 5–92–95 Б "Використання нових видів сировини у виробництві хлібобулочних та кондитерських виробів і підвищення терміну їх зберігання"; 2–96–98 Б "Використання нових видів нетрадиційної сировини у виробництві кондитерських та хлібобулочних виробів"; 2–99–01 Б "Удосконалення технології кондитерських, макаронних виробів з використанням нетрадиційної сировини"; 26–99–2000 Б "Технології хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів з використанням борошняних продуктів з якісно зміненими функціональними якостями"; 4–02–04 Б "Розробка сучасних конкурентоспроможних технологій хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів"; 11–05–07 Б "Теоретичне обґрунтування та розробка технологій хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів з використанням перспективних видів нетрадиційної сировини" (№ ДР 0105 У 002040); 3–05–06 Б "Удосконалення якості пористих харчових продуктів" (№ ДР 0105 У 002055).

Особистий внесок автора полягає у керівництві темами (або окремими напрямками тем), розробці програм та методик проведення лабораторних та промислових досліджень, аналізі та узагальненні отриманих результатів, теоретичному обґрунтуванні запропонованих рішень, упровадженні технологій у виробництво.

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає в теоретичному та експериментальному обґрунтуванні технологій кондитерських і хлібопекарських виробів з нетрадиційної борошняної сировини і механізмів регулювання структурно-механічних властивостей тіста шляхом використання добавок – регуляторів кислотності сумісно з багатоатомним спиртом для розширення асортименту, підвищення споживчих властивостей і харчової цінності продукції.

Для досягнення мети сформульовано такі *завдання*:

1) систематизувати емпіричну базу даних по використанню нетрадиційної борошняної сировини (ячмінного, соргового, трітікалевого борошна), пшеничного борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями та технологічних харчових добавок у виробництві борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів;

2) дослідити технологічні властивості та встановити доцільність використання борошняних сумішей з соргового або ячмінного борошна сумісно з пшеничним в технологіях борошняних кондитерських виробів;

3) на підставі теоретичних положень науково обґрунтувати та експериментально підтвердити вибір добавок для покращання структурно-механічних властивостей борошняного тіста з ячмінного, соргового, трітікалевого, пшеничного борошна та якості готової продукції;

4) виявити закономірності комплексного впливу добавок-регуляторів кислотності та багатоатомних спиртів на основні біополімери борошна, механізми регулювання процесів утворення тіста з різної борошняної сировини та якості продукції;

5) дослідити комплексний вплив органічної кислоти (лимонної, оцтової) або її натрієвої солі (ацетату натрію, цитрату натрію) сумісно з гліцерином на де-

формаційні, гідратаційні, адгезійні властивості тіста з різної борошняної сировини, його здатність до формування пористої структури;

6) теоретично та експериментально обґрунтувати технології борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів з використанням різної борошняної сировини для розроблення широкого асортименту продукції з високими органолептичними властивостями, харчовою цінністю та здатністю до зберігання;

7) розробити нові рецептури та технології борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з соргового, ячмінного, трітікалевого, пшеничного слабкого борошна з використанням добавок — регуляторів кислотності сумісно з поліатомним спиртом в якості поліпшувачів структурно-механічних властивостей продукції;

8) комплексно дослідити формування властивостей продукції на окремих стадіях технологічного процесу та під час її зберігання; провести кваліметричну оцінку якості та безпечності нової продукції;

9) виконати комплекс заходів з розробки нормативної документації на нові види борошняної сировини та виробу на її основі, їх апробації та впровадженню в галузі; обґрунтувати економічну ефективність виробництва.

Об'єктом дослідження є технології борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів на основі ячмінного, соргового, трітікалевого й пшеничного борошна з використанням добавок-регуляторів кислотності разом з гліцерином.

Предметом дослідження є технологічні властивості борошняної сировини; структурно-механічні, гідратаційні, біохімічні та мікробіологічні властивості тіста з ячмінного, соргового, трітікалевого й пшеничного борошна та з обраними покращуючими добавками; якість під час виробництва та зберігання борошняних кондитерських і хлібопекарських виробів.

Методи дослідження: аналітичні, фізичні, хімічні, біохімічні та мікробіологічні традиційні та оригінальні методики визначення якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції; методи планування експерименту та математичної обробки експериментальних даних, системного аналізу, кваліметрії.

Наукова новизна одержаних результатів. На підставі теоретичного обґрунтування та експериментальних досліджень сформульовано наукову концепцію: раціональне використання нетрадиційної для хлібопекарської та кондитерської галузей сировини (ячмінного, соргового, трітікалевого борошна), а також пшеничного борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями можливо за рахунок застосування органічної кислоти (або її натрієвої солі) разом з багатоатомним спиртом, що призводить до модифікації нативної конформації білкових макромолекул, до цілеспрямованої зміни структурно-механічних властивостей тістових мас і дозволяє управляти якістю борошняних кондитерських і хлібопекарських виробів.

1. Науково обґрунтовано доцільність застосування різних видів борошна з урахуванням його цільового призначення в хлібопекарській і кондитерській галузях та комплексного використання добавки-регулятора кислотності з багатоатомним спиртом для поліпшення структурно-механічних властивостей різних тістових мас.

2. Визначено закономірності взаємодії добавок-регуляторів кислотності з білковими сполуками борошняної сировини, яка полягає у зміні буферної ємності системи, електричного балансу та конформації білкових макромолекул. Зі зміщенням рН у кислий бік (за додавання органічної кислоти) аміногрупи білка активно зв'язують іони водню; зі зміщенням рН у лужний бік (за додавання натрієвої солі органічної кислоти) білок взаємодіє з певною кількістю органічних аніонів, кількість зв'язаних водневих іонів зменшується.

3. Вперше встановлено механізм комплексного впливу добавок-регуляторів кислотності та багатоатомних спиртів на білкові речовини борошна. Білкові макромолекули зазнають конформаційних змін за введення кислоти або її натрієвої солі. Внаслідок цього частина реакційноздатних груп білка переходить у стан, доступний дії спирту, за допомогою якого відбувається упорядкування неупорядкованих структур макромолекул з утворенням або β -шарів, стабілізованих міжмолекулярними водневими зв'язками (у присутності спирту з кислотою), або α -спіральных ділянок з внутрішньомолекулярними водневими зв'язками (у присутності спирту з сіллю).

4. Вперше одержано дані про утворення тіста з поліпшеними структурно-механічними характеристиками з різної борошняної сировини за додавання гліцерину разом з органічною кислотою (або її натрієвою сіллю). Специфічність дії добавок полягає в регулюванні пружно-еластичних, пластично-в'язких, адгезійних, гідратаційних характеристик тіста, поліпшенні його біохімічних і мікробіологічних властивостей.

5. Вперше отримано закономірності формування якісних показників борошняних кондитерських і хлібопекарських виробів з використанням різних видів борошна та покращуючих добавок під час виробництва та зберігання продукції. Доведено, що використання вказаних добавок у рекомендованих концентраціях забезпечує технологічну стабільність процесів утворення пін та емульсій, поліпшення газоутворювальної та газотримувальної здатності тіста, підвищення якості виробів, уповільнення їх черствіння.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджуються їх перевіркою за допомогою фізико-хімічних методів аналізу, використанням сучасних приладів, застосуванням методів статистичного опрацювання результатів досліджень, перевіркою адекватності математичних моделей, промисловою апробацією розроблених технологій.

Наукове значення роботи. Теоретичні узагальнення та результати експериментальних досліджень механізму регулювання процесів утворення тіста з різної борошняної сировини шляхом взаємодії добавок-регуляторів кислотності та багатоатомних спиртів з основними біополімерами борошна є науковою основою для удосконалення відомих та створення нових технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено та затверджено нормативну документацію на нові види сировини та готову продукцію: ТУ У 40-01566330-060-98 "Борошно соргове", ТУ У 40-01566330.083-99 "Борошняні композиції для бісквітних та пісочних напівфабрикатів"; технологічні інструкції: з виготовлення борошняних композицій для бісквітних та пісочних напівфабрика-

тів, з виготовлення бісквітних та пісочних напівфабрикатів (з використанням соргового, ячмінного борошна та покращуючих добавок); рецептури, технологічні інструкції, технологічні картки з виготовлення різних видів борошняних кондитерських виробів. Розроблено рецептури печива, кексів, тортів, напівфабрикатів: “Лілея”, “Подарунок”, “Мадонна”, “Манюня”, “Золотистий”, “Дитячий”, “Улюблений”, “Ласуня”, “Сорговий основний”, “Усатий – полосатий”, “Сорговий смачний”, “Смуглянка”, “День і ніч”, “Лакомка”, “Ячмінний”; “Дарунок”, “Різдвяний”, “Оленка”. Розроблено і затверджено технологічні інструкції: з використання оцтової (лимонної) кислоти та гліцерину у виробництві хліба та хлібних виробів; з виробництва хліба та хлібних виробів з використанням гліцерину і кислот (оцтової або лимонної); виготовлення хлібобулочних виробів (у тому числі здобних) на основі борошна з низькими хлібопекарськими властивостями з пшеничного та трітікалевого борошна. Розроблено рецептури хліба подового “Донський”, батонів “Бутербродний”, “Сонячний”, хали “Юр’євська”, дрібноштучних здобних виробів). Можливість використання поліпшуючих добавок у складі готової продукції підтверджено Висновком державної санітарно-гігієнічної експертизи нормативної документації МОЗ України №5.08.07/5107.

Впровадження науково-технічних розробок, випуск промислових партій і реалізацію нових продуктів здійснено на таких підприємствах: м. Харкова та Харківської області – ПП “Ресурс+” (акт від 28.09.2005), Управління Держдепартаменту України з питань виконання покарань у Харківській обл. (акти від 05.01.2003, 02.11.2005), ЗАТ “Каравай” хлібозавод “Салтівський” (акт від 03.04.2003), ВАТ хлібокомбінат “Слобожанський” (акт від 20.10.2003), ВП “Гончаров” м. Первомайський (акт від 23.08.2001); Чутівського р-ну Полтавської обл. – на хлібозаводі ТОВ “Світанок” (акти від 6.06.2005, 10.10.2005). Виробничі випробування технологій проведено на підприємствах: м. Харкова та Харківської обл. – АТЗТ “Катюша”, ТОВ фірма “Піцерія”, ТОВ “Забава”, ТОВ “ОКТОПУС”, кондитерський цех Двуречанського РАЙПО, ЗАТ “Світанок” м. Чугуїв, ПП “Бісквіт”, ВАТ Куп’янський хлібозавод; у кондитерському цеху хлібозаводу м. Авдеевка Донецької обл.

Розроблені нові теоретичні положення та одержані нові прикладні результати відображено в навчальних посібниках, рекомендованих для студентів ВНЗ, які готують фахівців за спеціальностями “Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів”, “Технологія харчування” та “Товарознавство та комерційна діяльність” (акт упровадження в навчальний процес ХДУХТ).

Особистий внесок здобувача. Автором особисто проведено дослідження змін комплексу властивостей борошняного тіста та готової продукції з різних видів борошна під впливом поліпшуючих добавок; розроблено та обґрунтовано теоретичні уявлення про механізм взаємодії добавок-регуляторів кислотності та спиртів (як окремо, так і разом) з білковою та вуглеводною складовими борошна та проведено їх експериментальне підтвердження; проведено дослідження з встановлення раціональних параметрів запропонованих технологій; оброблено та узагальнено результати численних досліджень структурно-механічних, біохімічних,

фізичних і мікробіологічних властивостей сировини, напівфабрикатів і готової продукції; сформульовано висновки, матеріали до публікацій; розроблено нормативну і технологічну документацію; проведено заходи з упровадження науково-технічних розробок у виробництво і навчальний процес.

Низку досліджень було проведено спільно з аспірантами Т.В.Гавриш, Н.В.Чорною, здобувачем Ю.В.Чудік. У матеріалах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належать основні ідеї, наукове обґрунтування теоретичних положень, планування, організація та проведення експериментальних досліджень, аналіз і узагальнення отриманих результатів, формулювання основних висновків.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались на наукових конференціях професорсько-викладацького складу ХДУХТ (1998...2006 рр.), конференціях, семінарах, форумах, основними з яких є: VI Міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо– і енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості” (Київ, 1999 р.), Всеросійська науково-технічна конференція “Прогрессивные технологии и оборудование пищевых производств” (Санкт-Петербург, 1999 р.), II та III Міжнародні науково-практичні конференції “Продовольственный рынок и проблемы здорового питания” (Орел, 1999, 2000 рр.), Науково-практичні Міжнародні конференції “Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв” (Харків, 2000, 2001, 2003...2005 рр.), Міжнародна науково-технічна конференція “Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка” (Слав’яногірськ, 2001, 2003 рр.), Перша Московська міжнародна конференція “Крахмал и крахмалосодержащие источники – структура, свойства и новые технологии” (Москва, 2001 р.), IV Міжнародна науково-технічна конференція “Техника и технология пищевых производств” (Могілев, 2003 р.), Міжнародна науково-практична конференція “Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки сельхозпродукции” (Воронеж, 2003 р.), IX Міжнародна науково-технічна конференція “Нові технології та технологічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи” (Київ, 2005 р.), IV Міжнародна науково-практична конференція “Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія” (Харків, 2006 р.), Міжнародна науково-технічна конференція “Стан і перспективи розвитку сучасних технологій і обладнання переробних і харчових виробництв” (Вінниця, 2006 р.).

Нові види продукції демонструвались на виставках, що відбулися в ХДУХТ у 1993...2004 рр.; виставці-ярмарку “Наука Харківщини 2000”; XV Міжнародному Бізнес-форумі “Славянський базар” та XV Міжрегіональній багатопрофільній виставці (Харків, 2000 р.); виставці науково-технічних досягнень ХВУ (Харків, 2001р.); виставці “Наука Харківщини 2002”; виставці “Освіта, наука, виробництво Харківщини 2003”; виставці “Регіональна співдружність” в рамках “Великого слобожанського Ярмарку”.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 64 наукових праць, в тому числі 1 монографія, 1 навчальний посібник, 40 статей (з них 34 у фахових виданнях, затверджених ВАК України), 11 деклараційних патентів України на винаходи, 11 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, 8 розділів, висновків, списку літературних джерел з 527 назв (книга 1) та 15 додатків (книга 2). Роботу викладено на 285 сторінках основного тексту, що включає 109 таблиць та 111 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, викладено наукову концепцію, охарактеризовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У *розділі 1* **“Проблема підвищення ефективності застосування борошняної сировини в технологіях хлібопекарських і борошняних кондитерських виробів”** проаналізовано світовий і вітчизняний науково-практичний досвід створення борошняних продуктів з новими технологічними властивостями. Розглянуто сучасні технологічні аспекти використання борошняної сировини у хлібопекарських та борошняних кондитерських виробках. Визначено соціально-економічні та технологічні передумови масштабного використання нетрадиційної борошняної сировини (в тому числі з зерна ячменю, сорго, трітікале). Особливу увагу приділено науковим основам регулювання структурно–механічних властивостей тіста та готової борошняної продукції. Узагальнено відомості про використання харчових добавок (у тому числі органічних кислот, їх натрієвих солей і багатоатомних спиртів) у хлібопекарській та кондитерській галузях. Із застосуванням концептуальної схеми універсального вирішувача системних задач обрано добавки-регулятори кислотності та багатоатомні спирти для поліпшення структурно-механічних властивостей тіста і готової продукції з нетрадиційної борошняної сировини, сформульовано теоретичні передумови їх спільного використання. Вказано на обмеженість і суперечність уявлень про механізм дії вказаних речовин на складові борошняної сировини під час формування тіста. На підставі цих даних зроблено висновок про необхідність наукових досліджень у цьому напрямку, сформульовано завдання для досягнення мети дисертаційного дослідження.

У *розділі 2* **“Характеристика сировини та методів дослідження”** наведено показники якості та характеристику борошняних продуктів та способи їх отримання. Соргове борошно одержували на млиновому комплексі МК–600 (АП “Електромаш” м. Харків) обойним помелом з видаленням 15% (борошно соргове темне) або 50% оболонкових часточок (борошно соргове світле). Борошно ячмінне отримували на млині вальцевому НО–354555М1; борошняні суміші – на універсальному мінімліні (НВП “Агротех” сумісно з ХНТУСГ ім.П.Василенка). На способи отримання борошняних сумішей і прилади для їх здійснення одержано Деклараційні патенти №42269 А (опубл. 15.12.2001, бюл. №9) та №58673 А (опубл. 15.08.2003, бюл. №8)

Схему комплексу досліджень наведено на рис. 1.

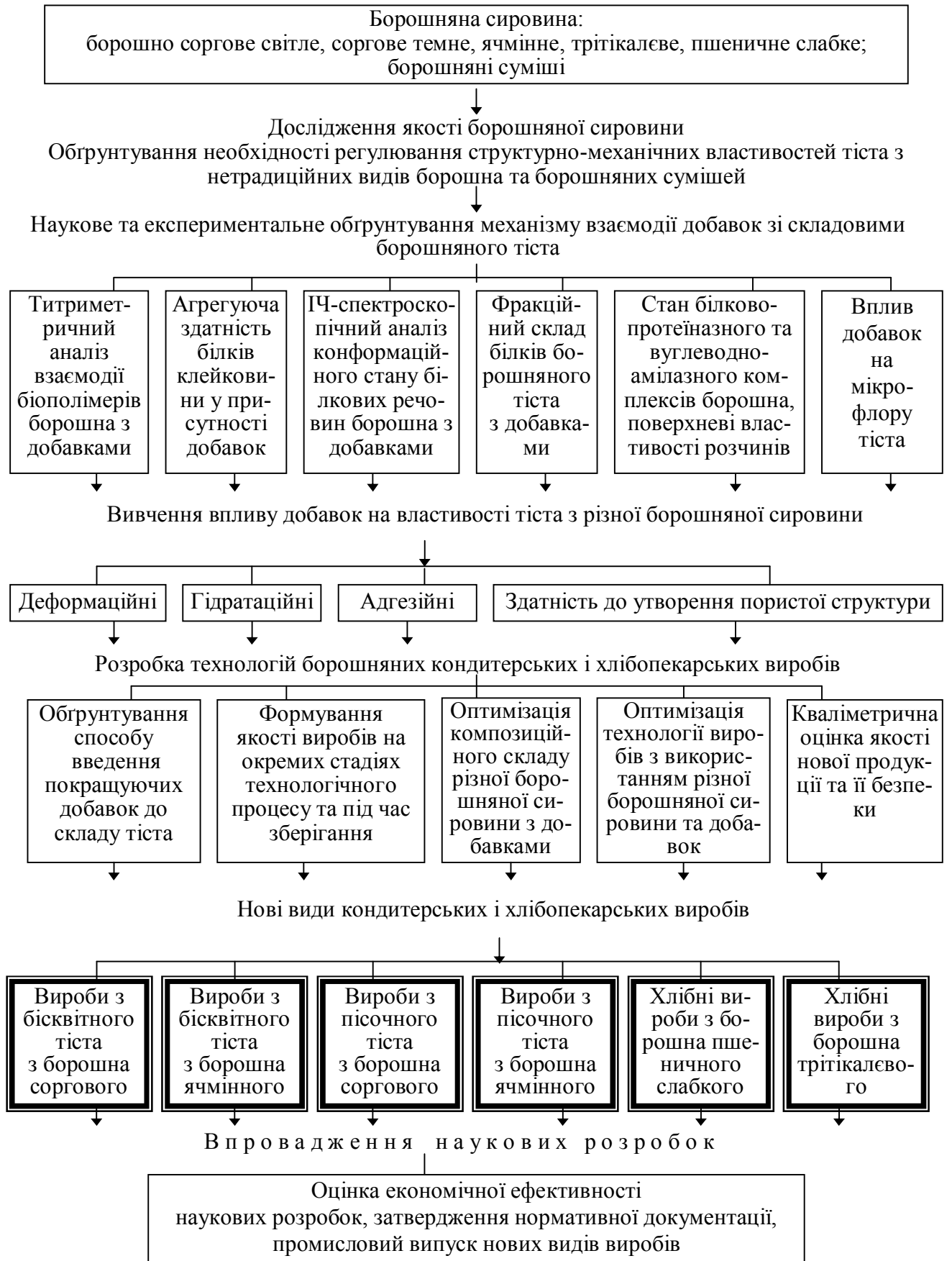


Рис.1. Схема комплексу досліджень

Для досліджень показників якості та безпеки сировини, напівфабрикатів і готової продукції використовували стандартні та загальноприйняті методики.

ІЧ–спектри клейковинних білків досліджували методом пресованих таблеток з KBr, агрегуючу здатність – методом Аракаві та Юнезаві; кількість зв’язаних іонів водню – методом потенціометричного титрування; поверхневий натяг розчинів – методом відриву кільця на торсійних вагах; міцність адгезії тіста – на адгезіометрі, розробленому науковцями ХДУХТ; стан вологи – методом імпульсного ЯМР– “спінова луна” та ЯМР– “широких ліній”; кількість етанолу в дріжджовому тісті – за модифікованою нами методикою на газовому хроматографі; загальну та диференційну пористість напівфабрикатів – за розробленою нами у співавторстві методикою (Деклараційний патент № 43027 А опубл. від 15.12.2001, бюл. №10). Для мікроскопічних досліджень зразки випечених виробів піддавали ліофільному сушінню та використовували скануючий електронний мікроскоп JEOL ISM 840 A.

Вірогідність отриманих результатів оцінювали методами математичної статистики. Для оптимізації технологічних параметрів застосовували методи експериментально-статистичного моделювання. Цілісність технологічних систем оцінювали за допомогою методів системного аналізу.

У розділі 3 “Оцінка якості борошняної сировини та структурно-механічних властивостей тіста з її використанням” проведено порівняльний аналіз технологічних властивостей різних видів борошна та борошнених сумішей; обґрунтовано необхідність регулювання структурно-механічних властивостей тіста з нетрадиційної борошняної сировини.

Борошно ячмінне, соргове світле, соргове темне характеризуються більш високим вмістом вітамінів (B₂, PP) і клітковини. Для білків будь-якого досліджуваного виду борошна яскраво виражено явище дисбалансу амінокислот. Головні лімітуючі амінокислоти – метіонін і лізин, надлишкові – лейцин та ізолейцин. Проте коефіцієнт утилітарності білків трітікалевого та ячмінного борошна перевищує пшеничне; за індексом якості білка вигідно відрізняється соргове борошно (світле, темне) (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика білкових речовин різних видів борошна

| Показник | Вид борошна | | | | |
|--------------------------------|-------------|---------|----------------|---------------|-------------|
| | Пшеничне | Ячмінне | Соргове світле | Соргове темне | Трітікалеве |
| Вміст білка, г/100 борошна | 10,30 | 10,70 | 9,06 | 9,94 | 12,60 |
| Коефіцієнт утилітарності білка | 0,488 | 0,557 | 0,401 | 0,409 | 0,529 |
| Індекс якості білка | 0,707 | 0,705 | 0,759 | 0,758 | 0,709 |

Білкові речовини всіх досліджуваних видів борошна мають вміст водо– та солерозчинної фракцій помітно вищий, спирторозчинної – значно нижчий, луго-розчинної – наближений до пшеничного борошна (у соргового темного, світлого) або вищий (у ячмінного, трітікалевого). Борошно соргове (світле, темне) та ячмінне не містять клейковини.

Клейстеризація соргового та ячмінного крохмалю починається за більш високих температур і характеризується утворенням більш в'язкого клейстеру, що пояснюється меншим розміром крохмальних зерен цих видів борошна. Через високу автолітичну активність трітікалевого борошна процес клейстеризації починається за більш низьких температур, утворюючи менш в'язкий клейстер.

Стійкість і час утворення тіста з борошна ячмінного та соргового (табл. 2) наближаються до пшеничного сильного; за показником розрідження тісто з цих видів борошна посідає проміжне місце між слабким і сильним пшеничним; за еластичністю тіста вони суттєво відрізняються від борошна пшеничного будь-якої сили (80...110 од.ф.) в бік небажаного зниження цього показника (до 30...50 од.ф.). Через високий вміст висівкових часточок і пентозанів у борошні сорговому (світлому, темному) та ячмінному вологопоглинальна здатність вище, ніж у пшеничного (прирощення показника складає 18...35 віднос.%). Борошно трітікалеве за досліджуваними показниками наближається до борошна пшеничного слабого.

Таблиця 2

Фізичні та гідратаційні властивості тіста з різних видів борошна

| Досліджуваний показник борошна або тіста | Пшеничне слабе/сильне | Ячмінне | Соргове світле | Соргове темне | Трітікалеве |
|---|-----------------------|---------|----------------|---------------|-------------|
| Вологопоглинальна здатність, % | 59/61 | 69 | 81 | 84 | 58 |
| Ступінь зв'язаності води ($W_{\text{тіста}} 60\%$): | | | | | |
| – час спин-гратової релаксації, с | 0,23/0,12 | 0,20 | 0,14 | 0,18 | 0,21 |
| – час спин-спінової релаксації, с | 0,029/0,007 | 0,025 | 0,014 | 0,014 | 0,0026 |
| Час утворення, хв. | 1,8/4,5 | 2,2 | 3,2 | 4,0 | 1,9 |
| Стійкість, хв. | 1,7/5,0 | 4,1 | 5,5 | 6,8 | 1,5 |
| Розрідження, од.ф. | 170/20 | 50 | 80 | 60 | 160 |
| Еластичність, од.ф. | 110/80 | 50 | 35 | 28 | 85 |

Для визначення можливості використання ячмінного та соргового борошна у виробництві кондитерських виробів досліджено властивості борошняних сумішей цих видів борошна з пшеничним. Зі зменшенням частки пшеничного борошна в суміші з ячмінним або сорговим зменшуються сила борошна і питома робота деформації, надмірно зростає пружність тіста (табл. 3), збільшуються час його утворення та стійкість з одночасним зниженням розрідження та еластичності (рис.2). Це пояснюється підвищеною гідратаційною здатністю борошна, доданого на заміну пшеничного, та зменшенням частки вільної вологи в тісті (підтверджено ЯМР-дослідженнями).

Обґрунтовано максимально можливі концентрації різних видів борошна (ячмінного, соргового світлого, соргового темного) у складі суміші з пшеничним за умов відповідності структурно-механічних властивостей готової продукції з таких борошняних сумішей вимогам нормативної документації та споживачів. Параметрами оптимізації обрано показники структурно-механічних властивостей тіста та органолептичні властивості готових виробів.

Показники структурно-механічних властивостей борошняних сумішей

| Склад борошняної суміші | Пружність тіста, P, мм | Розтяжність тіста, L, мм | P/L | Площа альвеограми, S, см ² | Питома робота деформації, W·10 ⁻⁵ , Дж |
|---|------------------------|--------------------------|------|---------------------------------------|---|
| Борошно пшеничне : борошно соргове темне | | | | | |
| 100:0 | 65 | 122 | 0,54 | 40 | 262 |
| 90:10 | 57 | 100 | 0,75 | 38 | 248 |
| 80:20 | 92 | 75 | 1,22 | 37 | 242 |
| 70:30 | 104 | 48 | 2,16 | 35 | 229 |
| 60:40 | 135 | 34 | 3,96 | 27 | 177 |
| Борошно пшеничне : борошно соргове світле | | | | | |
| 100:0 | 65 | 122 | 0,54 | 40 | 262 |
| 90:10 | 68 | 98 | 0,70 | 35 | 229 |
| 80:20 | 78 | 69 | 1,13 | 34 | 222 |
| 70:30 | 92 | 45 | 2,04 | 27 | 177 |
| 60:40 | 127 | 27 | 4,71 | 23 | 150 |
| Борошно пшеничне : борошно ячмінне | | | | | |
| 100:0 | 50 | 96 | 0,52 | 35 | 170 |
| 90:10 | 80 | 58 | 1,38 | 32 | 160 |
| 80:20 | 118 | 40 | 2,95 | 27 | 154 |
| 70:30 | 141 | 38 | 3,71 | 26 | 150 |
| 60:40 | 158 | 32 | 4,94 | 25 | 141 |

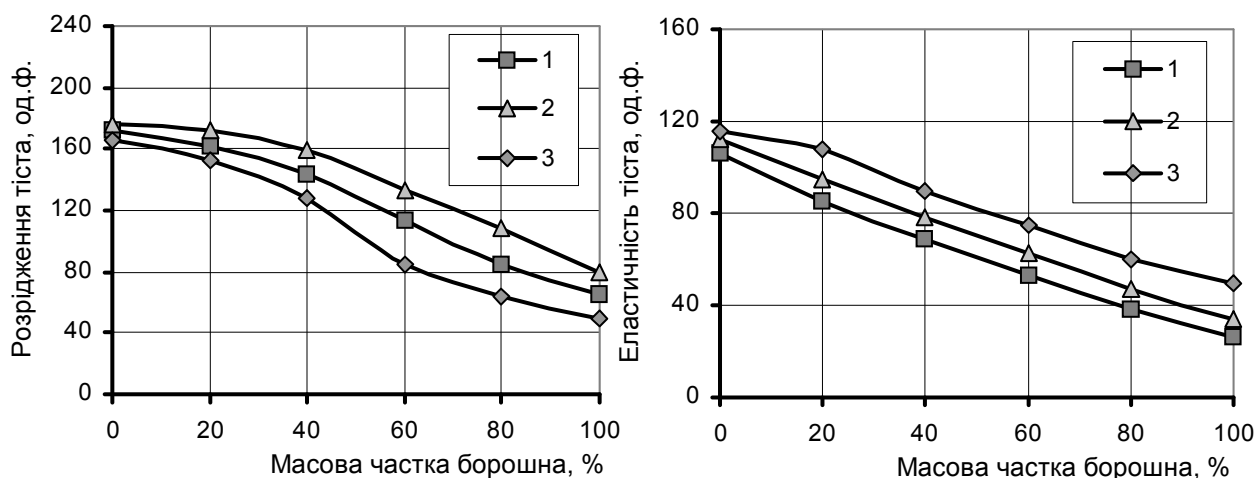


Рис. 2. Зміни структурно-механічних властивостей залежно від концентрації борошна, що додається на заміну пшеничного: 1 – соргове темне; 2 – соргове світле; 3 – ячмінне (за фаринографом).

Граничні концентрації встановлено розв'язком систем рівнянь (для кожного виду борошна), отриманих шляхом апроксимації емпіричних даних поліномом другого ступеня. Для визначення масової частки борошна соргового, ячмінного в борошняній суміші лімітуючими параметрами обрано еластичність і стійкість тіста (граничні значення масової частки доданого борошна за цими показниками – найнижчі). Зі збільшенням частки соргового або ячмінного борошна (від 50 до 100%, тобто до повного виключення з рецептури пшеничного борошна) слід за-

стосовувати спеціальні заходи для регулювання структурно-механічних властивостей тіста та готової продукції.

В якості добавок – покращувачів структури (теоретичне обґрунтування доцільності їх використання наведено в наступному розділі) обрано такі речовини:

- натрієву сіль органічної кислоти (ацетат натрію, цитрат натрію) разом з гліцерином – для поліпшення надто пружної структури кондитерського тіста з ячмінного (соргового) борошна або його суміші з пшеничним (з низьким вмістом останнього);

- органічну кислоту (лимонну, оцтову) разом з гліцерином – для поліпшення структури надто розпливчатого хлібного тіста зі слабого пшеничного (трітікалевого) борошна.

За результатами пробних лабораторних випічок структурно-механічні властивості готової продукції з піноподібною та коагуляційно-кристалізаційною структурою за використання добавок поліпшуються (знижується крихкість і покращується пористість бісквітних виробів, збільшується намочуваність пісочних виробів, зростають формостійкість і пористість хлібних виробів).

У розділі 4 “Теоретичне обґрунтування та експериментальне дослідження механізму регулювання структурно-механічних властивостей виробів з різної борошняної сировини” досліджено вплив добавок на конформаційний стан білкових макромолекул за допомогою титриметричного, інфрачервоноспектроскопічного та фракційного аналізу, агрегуючої здатності клейковинних білків тощо. Проведено дослідження із взаємодії добавок з білково-протеїназним та вуглеводно-амілазним комплексами борошна.

Базуючись на поглядах про вирішальну роль білків у комплексі складових борошна, регулювання структурно-механічних властивостей тіста розглядали, головним чином, як модифікацію нативних властивостей білкових речовин борошняного тіста. Більшість гіпотетичних моделей будови клейковини протягом тривалого часу передбачали стабілізацію її тривимірної структури за рахунок ковалентних, переважно дисульфідних, зв’язків. Сьогодні визнання і підтримку одержують уявлення про важливу роль білок-білкових взаємодій, які здійснюються іонно-електростатичними силами та індукують конформацію молекул, яка забезпечує найбільш ефективні міжмолекулярні взаємодії через невалентні сили.

Про кореляцію між конформаційним станом білків і зміною кількості ефективних водневих зв’язків свідчить етерифікація амідних груп клейковинних білків, що супроводжується погіршенням реологічних властивостей клейковини. Дейтерування клейковини помітно підвищує її механічну міцність, що пов’язано зі збільшенням енергії Н–зв’язків.

Амфотерний характер білків яскраво виявляється за зміни рН середовища. У кислому середовищі відбувається пригнічення кислотної дисоціації карбоксильних груп та інтенсивне протонування NH_2 -, NH - груп; у лужному, навпаки, інтенсифікується їх депротонування та дисоціація карбоксильних груп.

Виходячи з цього, порушення співвідношення плюс– та мінус–зарядів у білковій молекулі шляхом регулювання рН середовища призведе до зміни елект-

ричного балансу в макромолекулі, до зміщення взаємодій “білок–білок” у бік взаємодій “білок–розчинник”. Агрегаційна рівновага розгорнутих макромолекул білка буде нестійкою; вони виявлятимуть високу здатність до агрегації. Для забезпечення нової взаємодії “білок–добавка” ми пропонуємо вводити в середовище речовини з високою здатністю до утворення контактів з білком шляхом електростатичних взаємодій (у тому числі через водневі зв’язки).

Експериментальне підтвердження наукової гіпотези отримано із застосуванням харчових органічних кислот та їх натрієвих солей (в якості добавок–регуляторів кислотності, здатних змінювати рН середовища – табл. 4) та багатомного спирту (в якості агрегуючої добавки). Масова частка добавок варіювала в межах, встановлених попередніми пробними лабораторними випічками (оцтової або лимонної кислоти 0,05...0,15%; ацетату або цитрату натрію 0,3...1,2%, гліцерину 0,3...1,2% до маси борошна).

Про взаємодію досліджуваних добавок з білковими

речовинами борошна свідчать результати титриметричного аналізу (рис. 3–5). Кількість зв’язаних іонів водню (значення на вісі ординат – вище нуля) та гідроксильних іонів (значення на вісі ординат – нижче нуля) у системі характеризують чотири криві (три криві отримано експериментальним шляхом, четверту – розрахунковим) титрування: водної дисперсії борошна пшеничного (крива 1); водного розчину добавки (крива 2); водної дисперсії борошна пшеничного разом з добавкою (крива 3). Крива 4, отримана графічним сумуванням кривих 1 і 2, ілюструє суму зв’язаних іонів H^+ і OH^- власне борошном і власне добавкою. Розходження між кривими 3 та 4 свідчить про взаємодію між добавкою і борошном; якщо спостерігається повне співпадіння кривих – взаємодія відсутня.

За додавання кислоти (рис. 3а, 4а) відмічається різке зростання кількості зв’язаних іонів H^+ на експериментальній кривій, починаючи зі значень рН 7,1 (оцтової) та рН 6,9 (лимонної). Збільшення кількості зв’язаних іонів H^+ спостерігається поблизу значень рН, які співпадають зі значеннями рН для доданих органічних кислот, коли вони знаходяться в іонізованій формі; екстремум кривої відповідає рН 6,4 (для оцтової) та рН 5,0 (для лимонної). Подальше зменшення кількості зв’язаних іонів H^+ борошном зумовлено зменшенням ступеня дисоціації введеної кислоти. У борошні зв’язування іонів H^+ , джерелом яких є додана кислота, можуть активно здійснювати аміногрупи білків. Таким чином, спостерігається протонування NH_2^- , NH^- груп і зміна електричного балансу в білковій макромолекулі.

Таблиця 4

Зміни значення рН води та водно-борошняної суспензії за додавання добавок – регуляторів кислотності

| Вид борошна і добавки | Масова частка добавки в системі, % | Значення рН | |
|-----------------------|------------------------------------|-------------|---------------------------|
| | | Вода | Водно-борошняна суспензія |
| Борошно пшеничне | – | – | 6,20 |
| Оцтова кислота | 0,05 | 4,64 | 5,59 |
| Лимонна кислота | 0,05 | 4,24 | 5,28 |
| Борошно ячмінне | – | – | 6,11 |
| Ацетат натрію | 0,5 | 7,75 | 7,43 |
| Цитрат натрію | 0,5 | 7,90 | 7,62 |

При титруванні борошна разом з гліцерином спостерігається практично повне співпадіння експериментальної та розрахункової кривих. Спільне введення гліцерину та кислоти (рис. 3б, 4б) сприяє зміщенню ділянки, де хід експериментальної кривої відрізняється від розрахункової за кількістю зв'язаних іонів H^+ , у бік більш низьких значень рН; кількість зв'язаних іонів стає меншою. Ми вважаємо, що у зв'язуванні H^+ бере участь менша кількість аміногруп внаслідок їх блокування гідроксогрупами спирту з утворенням водневих зв'язків.

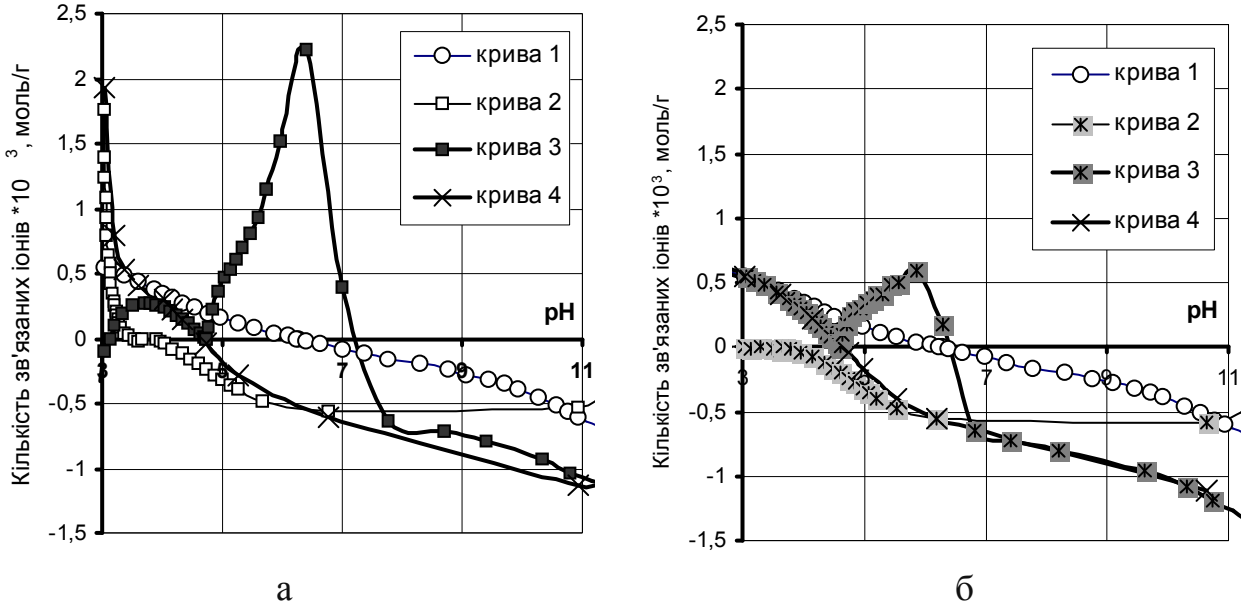


Рис.3. Залежність кількості зв'язаних іонів у системі в присутності: а – оцтової кислоти; б – гліцерину та оцтової кислоти.

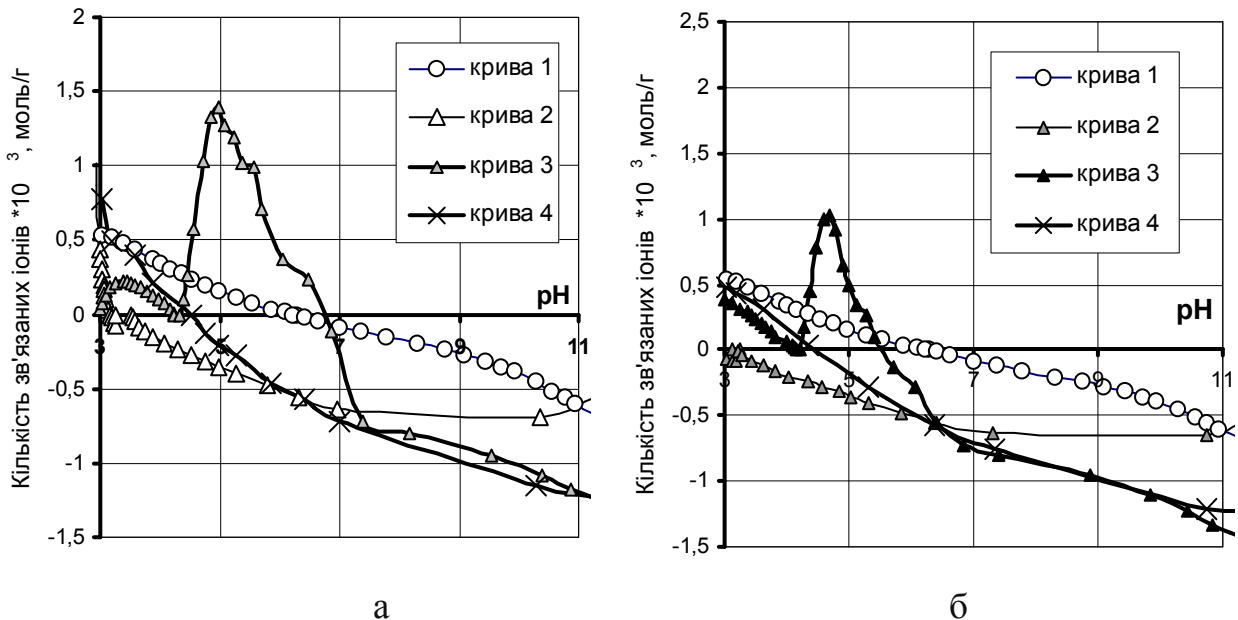


Рис. 4. Залежність кількості зв'язаних іонів у системі від значення рН середовища в присутності: а – лимонної кислоти; б – гліцерину та лимонної кислоти.

У водному розчині ацетату натрію відбувається активне зв'язування іонів H^+ аніоном CH_3COO^- з утворенням кислоти CH_3COOH , яка дисоціює як слабка. Видно (рис. 5 а), що крива 2 “вода + ацетат натрію” розташовується вище інших

експериментальних кривих. У системі “вода + борошно + ацетат натрію” (крива 3) кількість зв’язаних іонів H^+ зменшується порівняно з водним розчином ацетату натрію, а розходження з розрахунковою кривою збільшується. Частина органічних аніонів не бере участь у зв’язуванні H^+ , а взаємодіє, очевидно, з зарядженими (протонованими) аміногрупами білка. Гліцерин дуже слабо взаємодіє з білками, проте, разом з ацетатом натрію (рис. 5 б) відбувається його активна взаємодія з білковою макромолекулою; про це свідчить зниження кількості зв’язаних іонів і ще більш суттєве розходження між експериментальною та розрахунковою кривими.

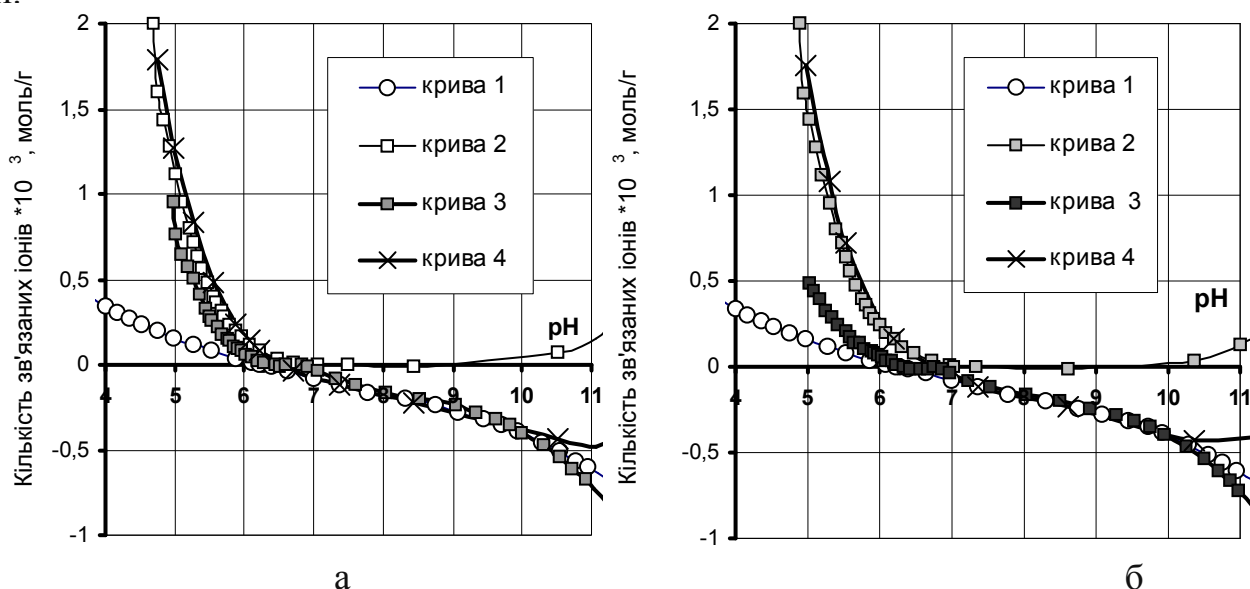


Рис. 5. Залежність кількості зв’язаних іонів у системі від значення рН середовища в присутності: а – ацетату натрію; б – гліцерину та ацетату натрію.

Поверхневий заряд молекули відіграє визначальну роль на етапі дестабілізації білкової рівноваги у бік взаємодій “білок–розчинник”. А до процесів агрегації налаштовуються сили невалентних взаємодій: водневі зв’язки, гідрофобно–гідрофільні взаємодії та ін. Різниця за абсолютною величиною дестабілізуючих і стабілізуючих сил призводить до зміни агрегуючої здатності білків.

У зв’язку з цим досліджували агрегуючу здатність білків, яку характеризували ступенем зкаламутнення розчину білка протягом 10 хв (оптична густина розчину за $\lambda=350$ нм) (рис.6). За введення гліцерину разом з кислотою (рис. 6 а) агрегуюча здатність зростає найбільшою мірою порівняно зі зразками, які містять тільки гліцерин або тільки кислоту. За додавання гліцерину разом з ацетатом натрію (рис. 6 б) агрегаційна здатність білків усереднюється порівняно зі зразками, що містять спирт або сіль. Вважаємо, що зі зміщенням рН середовища змінюється електричний баланс у молекулі, відбувається часткове розкручування білкових молекул. У присутності багатоатомного спирту можливе відновлення просторової структури.

На підтвердження таких конформаційних змін у макромолекулах білків, які здійснюється у різний спосіб залежно від застосованої добавки, досліджено

ІЧ–спектри клейковинних білків (досліджували слабке та сильне борошно для визначення різниці між ними на ІЧ–спектрах) – табл. 5.

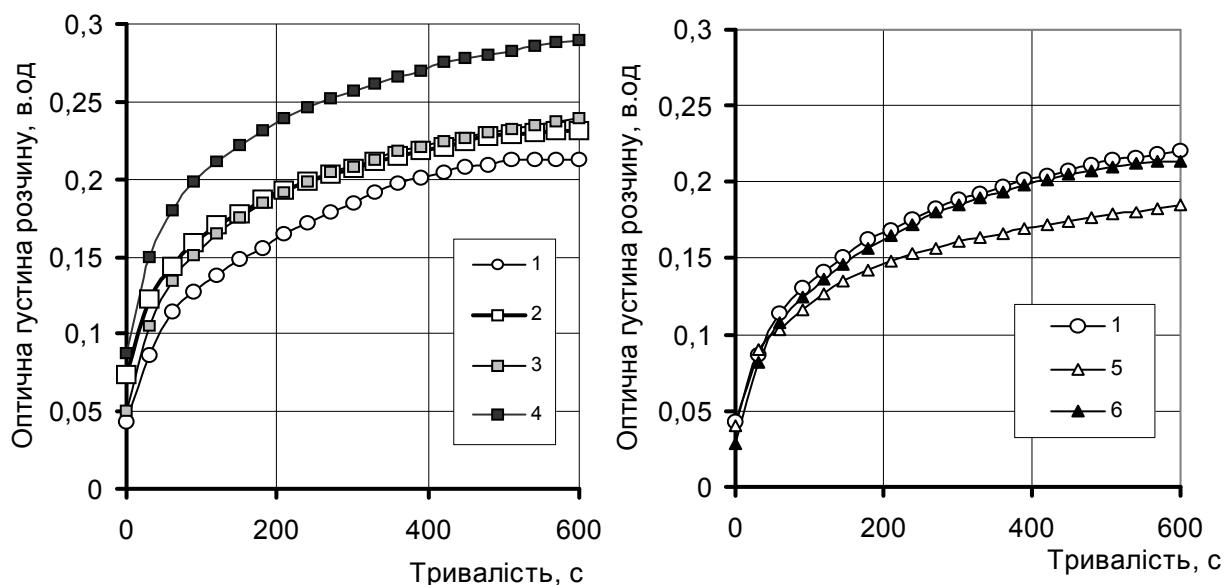


Рис. 6. Зміни оптичної густини розчину під час агрегації клейковинних білків без добавок (1) та з додаванням оцтової кислоти (2), гліцерину (3), оцтової кислоти з гліцерином (4), ацетату натрію (5), ацетату натрію з гліцерином (6).

Аналізували три найбільш інформативні ділянки на ІЧ–спектрах білків: смугу валентних коливань групи NH (Амід А) з максимумом поглинання в області хвильових чисел 3300 см^{-1} ; смугу валентних коливань групи C=O пептидних зв'язків (Амід І) з максимумом в області $1700\text{...}1600\text{ см}^{-1}$; смугу складного коливання, в якому взаємодіють деформаційні (NH) і валентні (CN) з максимумом в області $1600\text{...}1500\text{ см}^{-1}$ (Амід – ІІ).

Таблиця 5

Частотні положення (см^{-1}) смуг ІЧ–спектрів поглинання білків клейковини

| Зразок клейковини | Амід І | | Амід ІІ | | Амід А |
|------------------------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|--------|
| | α –спіраль | β –шар | α –спіраль | β –шар | |
| <i>Слабка:</i> | | | | | |
| - без добавок; | 1670 | * | 1545 | * | 3360 |
| - з оцтовою кислотою; | 1680 | * | 1550 | * | 3300 |
| - з гліцерином; | 1670 | 1645 | 1550 | * | 3345 |
| - з оцтовою кислотою та гліцерином | 1665,1650 | 1620 | 1570,1555 | 1535 | 3320 |
| <i>Сильна:</i> | | | | | |
| - без добавок; | 1670 | 1640 | 1545 | 1535,1510 | 3340 |
| - з ацетатом натрію; | 1660 | * | 1575,1550 | * | 3340 |
| - з ацетатом натрію та гліцерином | 1680 | * | 1575,1545 | * | 3320 |

Примітка. * – замість смуги поглинання присутнє плече

У дослідного зразка слабкої клейковини максимуми поглинання відповідають в основному поглинанню α –спіралей: 1670 см^{-1} (на ділянці Амід ІІ) і 1545 см^{-1} (на ділянці Амід І). Додавання кислоти не призводить до зниження інтенсивності цього поглинання. У присутності спирту помітно посилюється інтенсивність ко-

ливання Амід-А; широка смуга поглинання в інтервалі 3450...3200 см^{-1} вказує на наявність міжмолекулярних водневих зв'язків. За додавання спирту з кислотою з'являються структури двох типів: α -спіралі і β -шари (1640...1620 см^{-1} і 1535...1510 см^{-1} відповідно). Це свідчить на користь конформаційних змін у макромолекулах білків шляхом перетворення структур з більш грудочкоподібною упаковкою на структури з джгутуподібною конформацією. За додавання ацетату натрію в присутності гліцерину з'являється додаткова кількість водневих зв'язків (пік смуги Амід А зміщується в бік менших хвильових чисел – до 3320 см^{-1}), які беруть участь в утворенні вже не β -шарів, а α -спіральних ділянок (1575, 1550 та 1545 см^{-1}). Аналогічні результати отримано за додавання інших видів добавок — лимонної кислоти, цитрату натрію, пропіленгліколю. Підтвердженням наявності міжмолекулярної асоціації в дослідних зразках, яка здійснюється у різний спосіб залежно від застосованої добавки, свідчить і такий факт: суттєво зростає інтенсивність смуги деформаційних коливань (смуга Амід-II) і зменшується (або не змінюється) інтенсивність валентних коливань (смуга Амід-I).

Введення добавок, здатних збільшити щільність упакування та посилити взаємодії макромолекул, зумовлює також зміни фракційного складу білків тіста. Дійсно, за додавання спирту разом з кислотою до борошна пшеничного виявляється загальна тенденція підвищення частки глютелінової фракції (табл.6). Вказані зміни зберігаються протягом трьох годин у бездріжджовому та дріжджовому тісті. За додавання гліцерину разом з ацетатом натрію до ячмінного борошна відмічається тенденція зростання вмісту проламінової фракції.

Таблиця 6

Фракційний склад білків тіста з різної борошняної сировини з добавками

| Борошно і добавка | Білкові фракції, мг азоту/100 г тіста | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Альбумінова | Глобулінова | Проламінова | Глютелінова |
| Пшеничне | 468,29 | 211,48 | 755,30 | 445,63 |
| Пшеничне, гліцерин, оцтова кислота | 478,07 | 196,38 | 704,13 | 513,61 |
| Пшеничне, гліцерин, лимонна кислота | 480,73 | 158,61 | 664,67 | 667,33 |
| Ячмінне | 421,47 | 238,84 | 441,54 | 463,61 |
| Ячмінне, ацетат натрію, гліцерин | 424,49 | 242,35 | 475,46 | 422,60 |

Гліадин слабо розчиняється через численність гідрофобних залишків амінокислот і низький вміст заряджених груп. За зміни рН змінюється заряд аміногруп білка; виникає ефект електростатичних відштовхувань – молекули частково розчиняються. Активовані таким чином молекули ініціюють утворення нових асоціатів з білками інших фракцій, вміст яких знижується. Агрегації сприяє присутність спиртів зі значною кількістю полярних груп. Останні беруть активну участь в утворенні міцних водневих зв'язків, оскільки атоми кисню гідроксильних груп утворюють водневі зв'язки найменшої довжини та найбільшої енергії порівняно з усіма іншими типами цих зв'язків.

Зміни фракційного складу білків клейковини викликають відповідні зміни її структурно-механічних властивостей, що підтверджено нами експерименталь-

но. За додавання кислоти з гліцерином зростає пружність клейковини. Ефективність дії добавок зберігається протягом тригодинного відлежування тіста – зменшується розпливання кульки клейковини під час її відлежування. За додавання ацетату (або цитрату) натрію з гліцерином підвищується еластичність і розтяжність клейковини, зменшується її пружність.

У присутності кислоти процес клейстеризації крохмалю прискорюється, а значення максимальної в'язкості водно-борошняної суспензії є нижчим порівняно зі зразком без добавок. Ми пояснюємо це наближенням значення рН до зони активності β -амілази, яка бере участь у деполімеризації молекул крохмалю. Зміщення рН середовища у лужний бік, навпаки, сприяє уповільненню швидкості процесу клейстеризації, зростанню його кінцевої температури та максимальної в'язкості клейстеру.

У розділі 5 “Формування структурно-механічних властивостей тіста з різної борошняної сировини під дією добавок” досліджено пружно-еластичні, пластично-в'язкі, адгезійні, гідратаційні властивості тіста та здатність до утворення пористої структури борошняного тіста за додавання добавок.

В якості модельних обрано зразки тіста з ячмінного та слабого пшеничного борошна. Тісто з ячмінного борошна є пружним, нездатним до розтікання (пружність $PR_{\text{відн.}}=29,4\%$, пластичність $PL_{\text{відн.}}=0\%$, еластичність $E_{\text{відн.}}=70,6\%$). Добавки ацетату (цитрату) натрію призводять до збільшення максимальної та пластичної деформацій, до зростання еластичності ($E_{\text{відн.}}=80\text{...}82\%$) і пластичності ($PL_{\text{відн.}}=14\text{...}18\%$); при цьому зменшується пружність тіста ($PR_{\text{відн.}}=16\text{...}20\%$).

Тісто зі слабого пшеничного борошна характеризується такими показниками: $PR_{\text{відн.}}=5,0\%$, $PL_{\text{відн.}}=83,7\%$ та $E_{\text{відн.}}=69,6\%$. Гліцерин підвищує пластичність

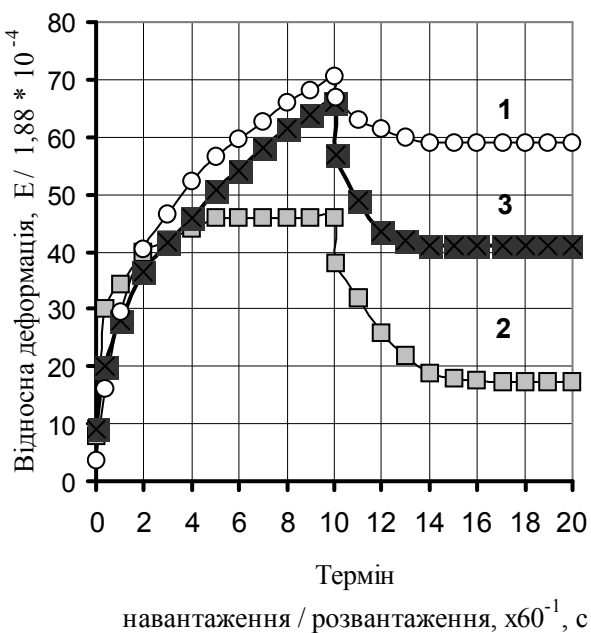


Рис. 7. Зміна структурно-механічних характеристик пшеничного тіста під дією поліпшуючих добавок

тіста ($PL_{\text{відн.}}$ зростає до $88,1\text{...}89,1\%$, а $E_{\text{відн.}}$ до 80%), а також незначно знижує його пружність. Уведення органічної кислоти сприяє підвищенню еластичності ($E_{\text{відн.}}=72\text{...}82\%$), пружності ($PR_{\text{відн.}}=8\text{...}12\%$), а також зниженню пластичності ($PL_{\text{відн.}}=37\text{...}66\%$). За додавання кислоти разом з гліцерином пластичність дорівнює $67\text{...}73\%$; пружність $PR_{\text{відн.}}$ дещо знижується порівняно зі зразками, які містять лише кислоту. Такі зміни структурно-механічних характеристик за спільного введення кислоти та гліцерину забезпечують високу якість хліба, що підтверджено пробними лабораторними випічками. Подовий хліб зі слабого пшеничного борошна (рис. 7, кр.1, високі значення максимальної та пла-

стичної деформацій) характеризується низькою формостійкістю (рис. 8а). За додавання кислоти (рис. 7, крива 2) помітно знижуються максимальна та пластична деформація, хліб має низький об'єм (рис. 8 б). За спільного введення гліцерину з кислотою (рис. 7, крива 3) відмічається збалансованість максимальної, високоеластичної та пластичної деформацій, поліпшення формостійкості хліба (рис. 8 в).

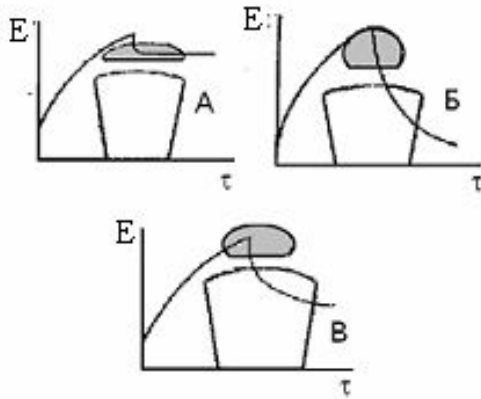
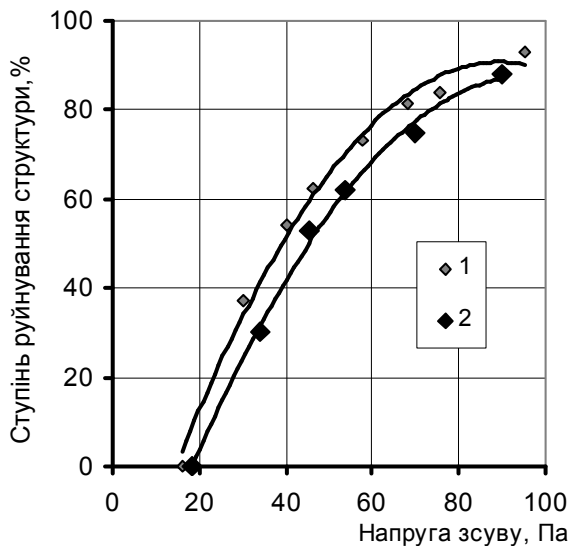


Рис. 8. Зв'язок об'єму та формостійкості хліба з величиною відносної деформації тіста

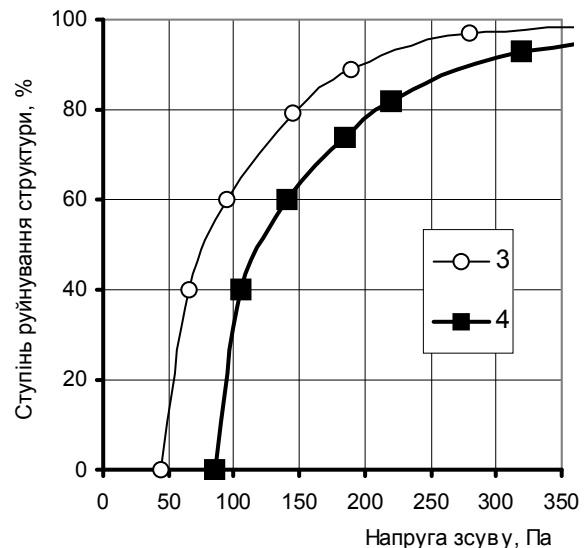
Дослідні зразки тіста (рис. 9) характеризуються підвищеною стійкістю до руйнування структури порівняно з контрольними зразками без добавок. Коефіцієнт розрідження тіста з борошна пшеничного слабкого дорівнює 0,53; за додавання гліцерину з оцтовою кислотою – 0,32, з лимонною – 0,35. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень на фаринографі, які свідчать про помітне гальмування процесу розрідження тіста з пшеничного борошна з добавкою гліцерину з кислотою та підвищення еластичності тіста з ячмінного борошна з гліцерином і натрієвою сіллю кислоти.

Зі зростанням масової частки кислоти міцність адгезії тіста з борошна пшеничного знижується, а когезійний відрив починається пізніше. Аналогічна тенденція спостерігається в тісті з борошна ячмінного з додаванням ацетату (або цитрату) натрію окремо та разом з гліцерином.

Зі зростанням масової частки кислоти міцність адгезії тіста з борошна пшеничного знижується, а когезійний відрив починається пізніше. Аналогічна тенденція спостерігається в тісті з борошна ячмінного з додаванням ацетату (або цитрату) натрію окремо та разом з гліцерином.



а



б

Рис. 9. Ступінь руйнування структури бісквітного (а) та дріжджового тіста після тригодинного бродіння (б) залежно від напруги зсуву: 1 – з ячмінного борошна без добавок; 2 – з ячмінного борошна з додаванням ацетату натрію, гліцерину; 3 – пшеничного борошна без добавок; 4 – з пшеничного борошна з додаванням оцтової кислоти, гліцерину.

Встановлено деяке зниження вологопоглинальної здатності тіста (ВПЗ,%: з борошна пшеничного без добавок – 59,3, з оцтовою кислотою та гліцерином – 58,2, з лимонною кислотою та гліцерином – 58,0; з борошна ячмінного без добавок – 69,2, з ацетатом натрію та гліцерином – 66,9) та зменшення ступеня зв'язаності води (для тіста з борошна ячмінного час спін-гратової релаксації, с: без добавок – 0,16, з ацетатом натрію та гліцерином – 0,17; час спін-спінової релаксації, с: без добавок – $1,6 \cdot 10^{-2}$, з ацетатом натрію та гліцерином – $1,9 \cdot 10^{-2}$). Це пояснюється взаємодією біополімерів борошна на гідрофільних ділянках з добавками, що призводить до блокування деяких місць зв'язування з водою. Збільшується швидкість видалення вільної вологи з бездріжджового тіста; видалення зв'язаної вологи відбувається повільніше.

Відбувається зростання піноутворюючої здатності білків (у 1,3 рази), стійкості піни (в 1,3 рази), стійкості емульсії (в 1,5 рази), що пояснюється здатністю добавок знижувати поверхневий натяг води та підтверджується експериментально. Збільшується загальна кількість утвореного під час бродіння вуглекислого газу (в 1,6 рази) та кількість газу, що утримується в тісті (в 1,25 рази).

У розділі 6 “Розроблення технологій борошняних кондитерських виробів з використанням соргового, ячмінного борошна та покращуючих добавок” обґрунтовано спосіб уведення добавок, встановлено ефективність їх дії на окремих стадіях технологічного процесу, оптимізовано композитний склад поліпшувачів, рецептурні та технологічні параметри виробництва бісквітних і пісочних виробів, розраховано показники інтегральної якості та проаналізовано безпеку нової продукції.

Таблиця 7

Технологічні параметри окремих стадій виробничого процесу та під час зберігання бісквітних і пісочних виробів

| Параметр | Борошно | | |
|---|----------|---------------------|---------------------------|
| | Пшеничне | Ячмінне з добавками | Соргове темне з добавками |
| Технологія бісквітних виробів | | | |
| Піноутворююча здатність (ячно-цукрова суміш), % | 270±5 | 430±15 | |
| Стійкість піни з ячно-цукрової суміші, % | 89±2 | 97±2 | |
| Густина тіста, кг/м ³ | 420±10 | 475±12 | 430±10 |
| Стискуваність м'якушки, од.пр.: | | | |
| - після випікання; | 120/ 85* | 105 | 95 |
| - після 24 годин вистоювання; | 85 / 55* | 75 | 70 |
| - після 3 діб зберігання | 40 / 30* | 55 | 50 |
| Технологія пісочних виробів | | | |
| Емульгуюча ємність (“вода : олія”), % | 90±2 | 93±2 | |
| Стабільність емульсії, % | 52±1 | 70±2 | |
| Густина тіста, кг/м ³ | 680±15 | 695±15 | 705±15 |
| Намочуваність виробу, % | 116±5 | 132±5 | 134±6 |

Примітка. * – борошно пшеничне з какао-порошком

пеку нової продукції.

Рекомендовано додавати добавки на стадії отримання піни або емульсії (табл. 7). Встановлено поліпшення структурно-механічних властивостей бісквітного тіста в присутності добавок: густина тіста, яка небажано зростає, якщо концентрація борошна пшеничного в борошняній суміші менше 50%, зни-

жується до рекомендованих меж; підвищується еластичність м'якушки та її стискуваність; поліпшується пористість напівфабрикатів з ячмінного та соргового борошна з добавками (коефіцієнт варіації рівномірності розподілу пор дорівнює за використання борошна пшеничного – 1,45; ячмінного – 1,41; ячмінного з ацетатом натрію та гліцерином – 1,10); зменшується упік на 3,5...3,7 абс.% (порівняно з традиційними виробами); уповільнюється черствіння виробів.

Встановлено покращання структурно-механічних властивостей пісочного тіста з добавками. Збільшення у складі борошняної суміші ячмінного, соргового світлого або темного борошна призводить до небажаного ущільнення тіста з твердістю 720...740 кг/м³; добавки знижують її до 680...700 кг/м³. Показано зниження кількості вологи, яку втрачають зразки під час випікання-сушіння (упік контрольного та дослідних зразків дорівнює 14,2 і 12,3...13,3% відповідно) внаслідок зміни ступеня її зв'язаності. Більш ефективно розпушується тістова заготовка (намочуваність зразків з борошна пшеничного – 116%, ячмінного з добавками – 132%).

Оптимізовано композитний склад поліпшувачів за відповідними критеріями оптимальності. Для визначення раціональної зони масової частки добавок для бісквітних виробів застосовано методи багатовимірного статистичного аналізу; визначено залежності висоти напівфабрикату $h=h(C_{\text{гл}}, C_{\text{ац/ц}})$ від масової частки добавок гліцерину $C_{\text{гл}}$ та ацетату (або цитрату) натрію $C_{\text{ац/ц}}$ ($C_{\text{гл}}, C_{\text{ац/ц}} \in (0; 1,2]$). Аналіз ліній рівня $h(C_{\text{гл}}, C_{\text{ац/ц}})=\text{const}$ показує, що рекомендованими кількостями добавок є такі: 0,50...0,75% ацетату (або цитрату) натрію та 0,50...0,75% гліцерину (до маси борошна).

Оптимізовано технології бісквітних напівфабрикатів на основі ячмінного та соргового борошна з поліпшуючими добавками. Рекомендовано зменшити порівняно з традиційними рецептурами вміст меланжу на 7...15% і какао-порошку на 50...75% (за використання борошна соргового темного зі збереженням коричневого кольору випечених виробів), виключити з рецептури пшеничне борошно та крохмаль. Запропоновано такі технологічні режими: тривалість збивання яєчно-цукрової суміші 17...20 хв., вологість тіста 37,5...38%, тривалість випікання 38...42 хв. при використанні борошна ячмінного; 18...20 хв., 37,0...38,0% та 35...40 хв. відповідно при використанні борошна соргового темного. Розроблено рецептури борошняних композицій з ячмінного борошна та бісквітних напівфабрикатів на їх основі “Золотистий”, “Дитячий”, “Улюблений”, “Ласуня”, з соргового борошна “Сорговий основний”, “Усатый–полосатый”, “Сорговий смачний”, “Смуглянка”. Запропонована схема замісу бісквітного тіста (рис.10) передбачає введення добавок–поліпшувачів, якщо у складі борошняної суміші масова частка борошна менше, ніж 50% або воно виключено повністю.

Для визначення раціональної зони масової частки добавок для пісочних виробів використовували метод заповнення функції двох змінних, де функція Z – еластичність тіста, а змінні X та Y – масові частки гліцерину та ацетату (або цитрату) натрію відповідно. Встановлено зону ефективної спільної дії добавок – 0,40...0,80% ацетату (або цитрату) натрію та 0,40...1,0% гліцерину. Для виробництва пісочного напівфабрикату рекомендовано такі технологічні параметри: на ос-

нові ячмінного борошна – тривалість збивання – 28...30 хв., вологість тіста – 18,5...19,0%, тривалість термообробки – 10...12 хв.; на основі соргового борошна – 30...35 хв., 18,5...19,5%, 10...12 хв. відповідно. Введення добавок відбувається на стадії отримання емульсії. Розроблено рецептури борошняних композицій і пісочних напівфабрикатів на їх основі з ячмінного борошна “День і ніч”, “Лаконка”, “Ячмінний”, з соргового борошна “Дарунок”, “Різдвяний”, “Оленка”.

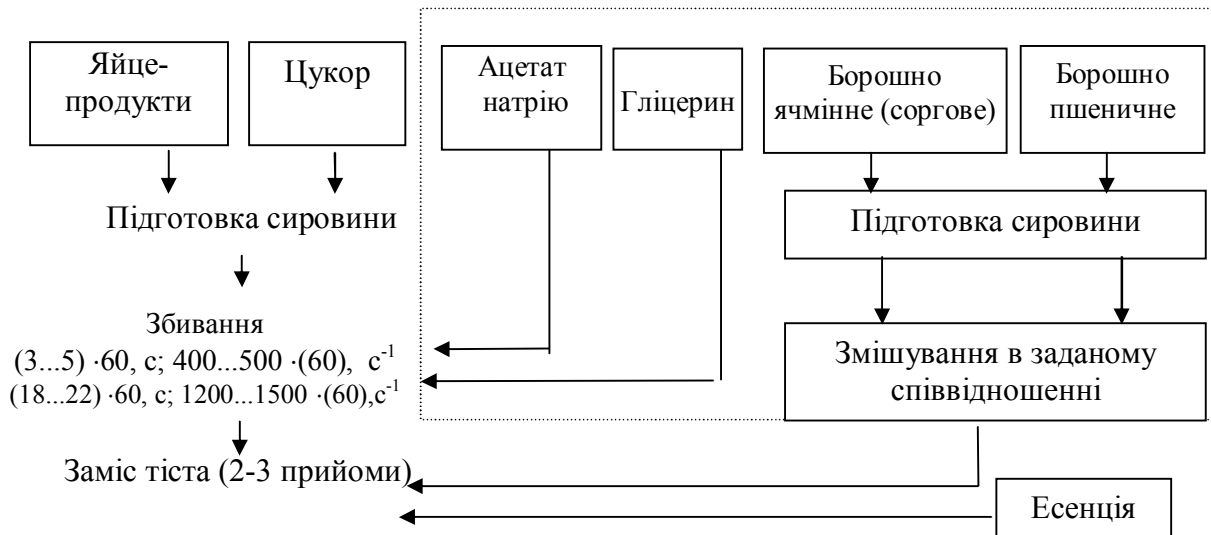


Рис.10. Технологічна схема замісу бісквітного тіста з використанням соргового (ячмінного) борошна

За даними кваліметричної оцінки інтегральна якість нової продукції перевищує рівень якості традиційних виробів за рахунок зниження собівартості виробів і підвищення їх харчової цінності. За використання рекомендованих видів борошна (ячмінного, соргового) для бісквітних виробів істотно збільшується вміст харчових волокон, вітамінів (у 1,9 рази) і мінеральних речовин (у 1,6 рази), дещо знижується калорійність. У виробах з пісочного тіста зростає в 1,5...2 рази вміст вітамінів, утричі – вміст мінеральних речовин; відмічається значне збагачення харчовими волокнами. Згідно з положеннями НАССР визначено потенційні ризики та встановлено критичні точки контролю, обґрунтовано їх граничні значення.

У розділі 7 “Розроблення технологій хлібобулочних виробів з борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями” доведено ефективність дії добавок на окремих етапах технологічного процесу, обґрунтовано та розроблено технології хлібобулочних виробів з використанням пшеничного та трітікалевого борошна з низькими технологічними властивостями, досліджено зміни якості продукції під час зберігання, проведено системний аналіз функціонування технологічних систем і комплексну оцінку якості нової продукції.

Рекомендовано додавання добавок у дріжджову суспензію (за однофазного способу виробництва хліба) або в опару (за двофазного). Встановлено підвищення активної та титрованої кислотності тіста в присутності добавок (табл. 8). Більш високе початкове значення кислотності дослідного зразка пояснюється присутністю кислоти, додатково введеної в тісто; зменшення різниці ($K_k - K_n$) у тісті з добавками пояснюється зниженням активності молочнокислих бактерій у

більш кислому середовищі. Помітна різниця між значенням рН контрольного та дослідних зразків пояснюється збільшенням кількості вільних іонів водню, джерелом яких є кислота, що дисоціює. Порівняно з контролем різниця ($pH_{п}-pH_{к}$) наприкінці бродіння дослідного зразка зменшується, що пояснюється зв'язуванням певної кількості вільних іонів H^+ аміногрупами білка. Збільшується кількість етилового спирту (на 22...55%) та зброженого цукру (на 35%) в тісті.

Підтверджено, що добавки ефективно покращують структурно-механічні властивості подових виробів зі слабого пшеничного (трітікалевого) борошна за наявності в тісті цукру (до 25...30%) та жиру (до 15%). За будь-яким способом тістопріготування за додавання добавок помітно поліпшуються формостійкість (від 0,28...0,30 до 0,48...0,50) та пористість хліба (від 65...68% до 73...75%).

Досліджено процес черствіння хліба з добавками-поліпшувачами за змінами якісних показників (органолептичні властивості, твердість м'якушки), а також

кількісних показників (втрати вологи). Через 24 год зберігання стискуваність зразка з борошна пшеничного слабого знижується на 78%, зразків з добавками – на 63...65%; втрати вологи дорівнюють 0,90% та 0,35...0,45% відповідно. Це пояснюється змінами частки зв'язаної води в хлібі – теплота випаровування вологи в дослідних зразках 53,8...6,9 кДж/моль (свіжого) та 81,0...115,3 кДж/моль (після 3 діб зберігання), контрольного – 47,2 та 52,55 кДж/моль відповідно.

З використанням методу сповнення функції двох змінних $\Phi_i = F(X_i; Y_i)$ (де Φ_i – формостійкість хліба, X_i – концентрація кислоти, Y_i – концентрація спирту) визначено і рекомендовано такі концентрації добавок: 0,20...0,40% гліцерину та 0,05...0,10%

Таблиця 8

Показники якості дріжджового тіста та хліба з пшеничного борошна з добавками

| Показники якості | Без добавок | З оцтовою кислотою та гліцеринном |
|--|-------------------|-----------------------------------|
| Тісто | | |
| Загальна кислотність, град: | | |
| – початкова $K_{п}$ | 1,60 | 2,00 |
| – кінцева $K_{к}$ | 2,80 | 2,95 |
| – ($K_{к}-K_{п}$) | 1,20 | 0,95 |
| Активна кислотність (рН): | | |
| – початкова $pH_{п}$ | 6,00 | 5,60 |
| – кінцева | 5,10 | 5,00 |
| – ($pH_{п}-pH_{к}$) | 0,90 | 0,60 |
| Кількість зброженого цукру (% до сухих речовин у перерахунку на глюкозу) | 0,98 | 1,34 |
| Кількість етилового спирту в 100 г тіста, % | 0,135 | 0,210 |
| Тривалість бродіння, хв. | 170 | 150 |
| Тривалість вистоювання, хв. | 60 | 55 |
| Хліб | | |
| Питомий об'єм, cm^3/g | 3,05 | 3,33 |
| Формостійкість, Н/D | 0,27 | 0,43 |
| Пористість, % | 64 | 72 |
| Кислотність, град. | 2,9 | 3,1 |
| Стан поверхні та забарвлення | Нерівна | Гладка, без тріщин |
| Колір м'якушки | Світла | |
| Структура пористості | Великопориста | Дрібна, рівномірна |
| М'якушка | Крихка | Ніжна, шовковиста |
| Смак, аромат | Притаманний хлібу | |

кислоти (оцтової або лимонної) до маси борошна (пшеничного або трітікалевого).

Оптимізовано технологічні режими виробництва хліба з пшеничного та трітікалевого борошна з добавками у різні способи тістоведення Технологічні схеми замісу тіста наведено на рис.11...13.

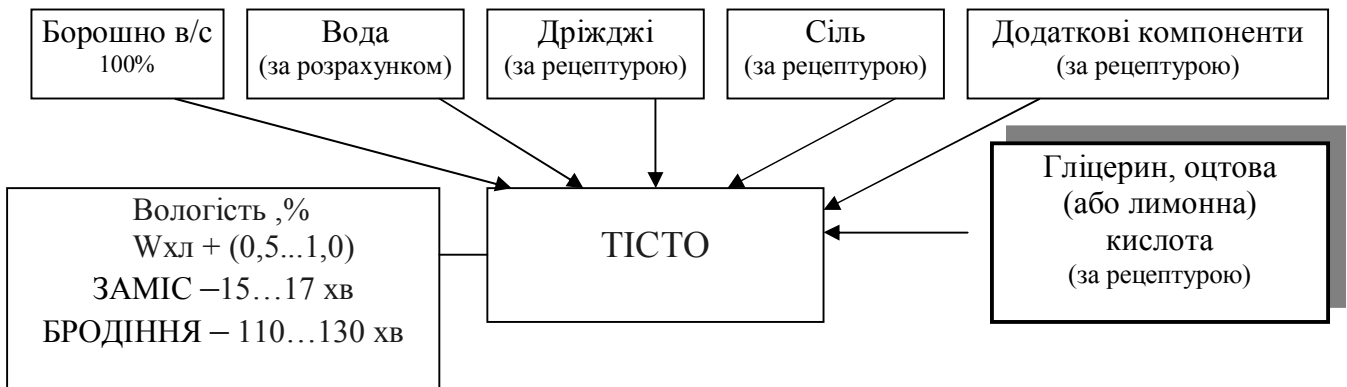


Рис.11. Схема приготування тіста з пшеничного борошна безопарним способом

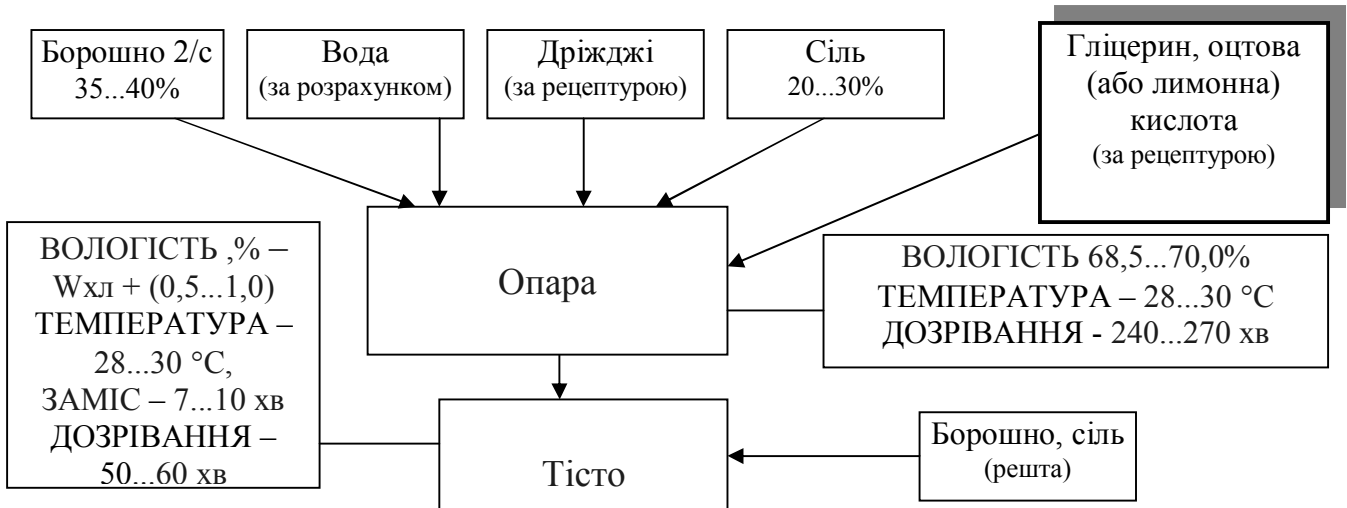


Рис.12. Схема приготування тіста з пшеничного борошна на рідкій опарі

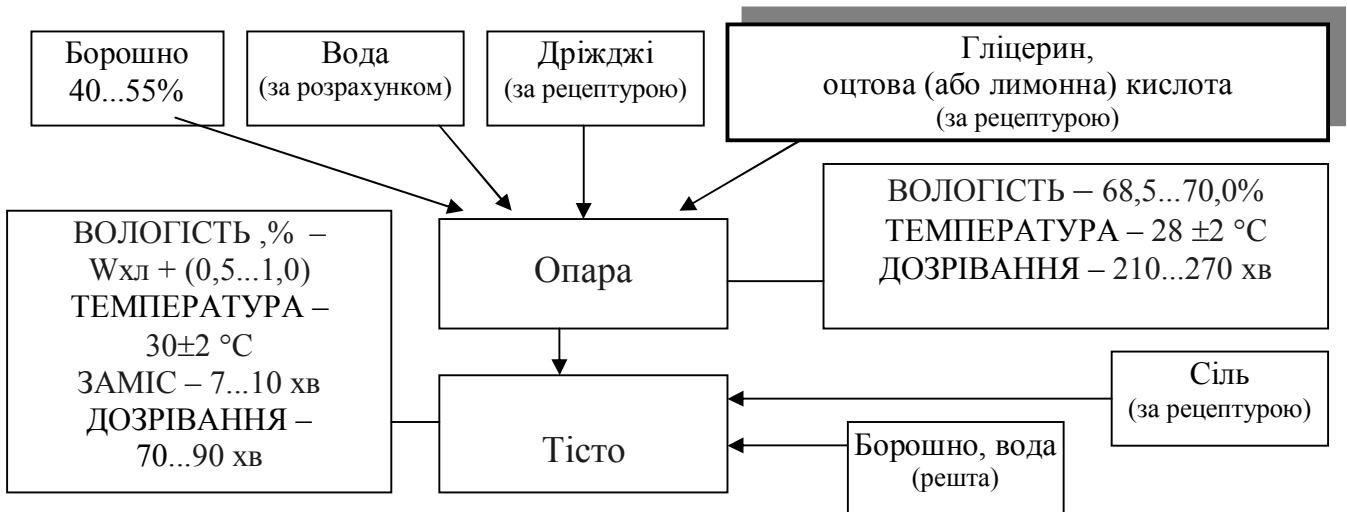


Рис.13. Схема приготування тіста з трітікалевого борошна на густій опарі

Апробацію та впровадження результатів досліджень здійснено на підприємствах галузі м. Харкова та Харківської обл. (м. Чугуїв, м. Куп'янськ, м. Печеніги, м. Первомайський), Полтавської обл., Донецької обл. Затверджено нормативну документацію на нові види борошняної сировини та нові вироби (2 технічних умов, 11 технологічних інструкцій, 20 рецептур і технологічних карток), доведено економічну ефективність їх виробництва та реалізації.

Економічний ефект виробництва борошняної кондитерської продукції складає від 62 грн/т (залежно від виду виробів) за рахунок зниження ціни на продукцію; хлібопекарської продукції – від 21,11 грн/т за рахунок зниження технологічних витрат на упік та усушку, різниці між вартістю пшеничного борошна з різними хлібопекарськими достоїнствами.

ВИСНОВКИ

1. Враховуючи обмеженість асортименту вітчизняних борошняних продуктів, нечисленність даних щодо теоретичних аспектів формування структури тіста на основі різної борошняної сировини, дискусійність питання про можливий механізм покращуючої дії добавок-регуляторів кислотності, розроблено та реалізовано наукову концепцію: раціональне використання нетрадиційної для хлібопекарської та кондитерської галузей сировини (ячмінного, соргового, трітікалевого борошна), а також пшеничного борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями можливо за рахунок застосування органічної кислоти (або її натрієвої солі) разом з багатоатомним спиртом, що призводить до модифікації нативної конформації білкових макромолекул, до цілеспрямованої зміни структурно-механічних властивостей тістових мас і дозволяє управляти якістю борошняних кондитерських і хлібопекарських виробів.

2. Доведено, що пшенично-ячмінні та пшенично-соргові борошняні суміші (з вмістом пшеничного борошна більше 50% від маси суміші) характеризуються задовільними технологічними властивостями для застосування їх у виробництві борошняних кондитерських виробів. Суміші з більш низьким вмістом пшеничного борошна, а також ячмінне, соргове борошно утворюють тісто з надмірно високою пружністю, низькою розтяжністю, недостатньою еластичністю. Для виробництва борошняних кондитерських виробів з такої сировини в якості покращуючих добавок запропоновано багатоатомний спирт гліцерин разом з натрієвою сіллю органічної кислоти (ацетатом натрію, цитратом натрію).

Пшеничне або трітікалеве борошно з незадовільно слабкою клейковиною, навпаки, утворює надмірно розтяжне тісто з високою здатністю до розрідження. Для поліпшення якості хлібопекарських продуктів з такого борошна рекомендовано застосовувати гліцерин разом з органічною кислотою (лимонною, оцтовою).

3. Вперше теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено (з мірою достовірності $P \leq 0,05$) механізм запропонованого способу регулювання структурно-механічних властивостей борошняного тіста. Білкові макромолекули борошна зазнають конформаційних змін за введення харчової органічної кислоти

або її натрієвої солі; частина недоступних груп переходить у стан, доступний дії спирту. За допомогою останнього упорядковуються неупорядковані структури макромолекул з утворенням α -спіральних ділянок з внутрішньомолекулярними водневими зв'язками (в присутності спирту зі зміщенням рН у лужний бік) або β -шарів з міжмолекулярними водневими зв'язками (в присутності спирту зі зміщенням рН у кислий бік).

4. Вперше комплексно досліджено структурно-механічні, гідратаційні, біохімічні і мікробіологічні властивості борошняного тіста з нетрадиційної борошняної сировини з добавками-регуляторами кислотності разом з багатоатомним спиртом.

За додавання ацетату (або цитрату) натрію разом з гліцерином зростають розтяжність і еластичність тіста з ячмінного, соргового борошна. У присутності гліцерину разом з лимонною (або оцтовою) кислотою підвищуються пружність і еластичність, знижуються розтяжність і розрідження тіста зі слабого пшеничного, трітікалевого борошна.

Використання рекомендованих добавок забезпечує технологічну стабільність процесів утворення пін та емульсій, їх стійкість до руйнування, що пояснюється зниженням поверхневого натягу рідкої фази. Поліпшується в 1,4...1,5 рази газоутворювальна здатність дріжджового тіста, що пов'язано з активацією дріжджів, амілолітичних ферментів; підвищуються активна і титрована кислотність тіста, кількість утвореного етилового спирту (на 22...55%) та збродженого цукру (на 35%). Підвищується газоутримувальна здатність тіста (дріжджового – в 1,2 рази, бісквітного – 1,35 рази).

5. Вперше встановлено закономірності формування якості під час виробництва та зберігання продуктів з нетрадиційної борошняної сировини з уведенням запропонованих добавок. Покращуються пружно-еластичні та пластично-в'язкі параметри консистенції тіста; зовнішній вигляд, стан поверхні, пористість і формостійкість виробів; уповільнюється їх черствіння.

У технологіях виробів з бісквітного тіста за використання ячмінного, соргового борошна інтервал раціональних кількостей добавок дорівнює 0,5...0,75% ацетату (або цитрату) натрію та 0,5...0,75% гліцерину до маси борошна. Вміст меланжу може бути зменшений на 7...15%, какао-порошку на 50...75% (зі збереженням коричневого кольору випечених виробів за використання борошна соргового темного); пшеничне борошно та крохмаль виключаються повністю.

У технологіях виробів з пісочного тіста загальні рекомендовані кількості добавок дорівнюють 0,4...0,8% ацетату (цитрату) натрію та 0,4...1,0% гліцерину до маси борошна ячмінного, соргового. Вміст какао-порошку можна зменшити на 50...75% (за використання борошна соргового темного), а пшеничне борошно виключити повністю.

У технологіях хлібобулочних виробів зі слабого пшеничного, трітікалевого борошна рекомендованими концентраціями добавок є 0,20...0,40% гліцерину та 0,05...0,10% кислоти (оцтової або лимонної) до маси борошна (пшеничного або трітікалевого). Добавки рекомендовано вводити в опару (за двофазних способів

тістоведення) або у водно-дріжджову суспензію (за однофазних способів). Оптимізовано технологічні режими виготовлення хліба з пшеничного та трітікалевого борошна з добавками безопарним способом, на рідкій та на густій опарі.

6. Визначено, що якість нових виробів перевищує якість традиційних за рахунок поліпшення структурно-механічних властивостей продуктів (зростає стискаємість м'якушки та поліпшується її структура, збільшуються об'єм і пористість бісквітних виробів; покращуються структура та намочуваність пісочних виробів; поліпшуються еластичність, пористість і стискуваність м'якушки, формостійкість хлібних виробів) та їх харчової цінності (збільшується вміст харчових волокон, підвищується в 1,5...2 рази вміст вітамінів і в 1,6...3 рази вміст мінеральних речовин у бісквітних і пісочних виробках з ячмінного або соргового борошна; зростає вміст білку в 1,2 рази за використання трітікалевого борошна порівняно з пшеничним).

7. Адекватність теоретичних положень та експериментальних даних підтверджено апробацією та впровадженням результатів досліджень на підприємствах галузі м. Харкова та Харківської обл. (м. Чугуїв, м. Куп'янськ, м. Печеніги, м. Первотмайський), Полтавської обл., Донецької обл. і в навчальний процес ВНЗ України. Затверджено нормативну документацію на нові види борошняної сировини та нові вироби (2 технічних умов, 11 технологічних інструкцій, 20 рецептур і технологічних карток).

8. Економічний ефект виробництва борошняної кондитерської продукції коливається від 62 грн/т і вище (залежно від виду виробів) за рахунок зниження ціни на продукцію; 1 т хліба – від 21,11 грн/т за рахунок зниження технологічних витрат на упік та усушку, різниці між вартістю пшеничного борошна вищого сорту з високими хлібопекарськими властивостями та борошна зі слабкою клейковиною.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях

1. Чудик Ю.В., Сафонова О.Н., Перцевой Ф.В. Влияние модифицирующих добавок на технологические характеристики бисквитных полуфабрикатов // Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 1999. – С. 255–258.

Особистий внесок: обґрунтовано доцільність використання нових видів борошняної сировини, здійснено експериментальні дослідження, підготовлено матеріали до публікації.

2. Сафонова О.М., Чудик Ю.В., Перцевий Ф.В. Кваліметрична оцінка якості бісквітних напівфабрикатів на основі борошняних композицій. Вісник ДонДУЕТ. Сер. "Технічні науки". №6, 2000. – С. 106–110.

Особистий внесок: узагальнено літературні дані, визначено метод розрахунку комплексного показника якості виробу, підготовлено матеріали до публікації.

3. Кисельник В.В., Чудик Ю.В., Сафонова О.Н., Торяник А.И., Дьяков А.Г., Перцевой Ф.В., Полевич В.В. Исследование молекулярной подвижности воды в

мучних продуктах методом імпульсного ЯМР–спинове ехо // Вісник Харк. держ. політех. ун–ту: Зб. наук. праць. Вип. 95. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 186–192.

Особистий внесок: розроблено план експерименту з дослідження молекулярної рухливості води в борошняних системах, узагальнено результати експериментальних досліджень, підготовлено матеріали до публікації.

4. Сафонова О.Н., Чудик Ю.В. Изучение реологических свойств клейковинных белков в присутствии химических модификаторов // Вісник Харк. держ. політех. ун–ту: Зб. наук. праць. Вип. 115. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 190–195.

Особистий внесок: здійснено експериментальні дослідження, узагальнено результати експериментальних досліджень щодо впливу покращуючих добавок на реологічні властивості клейковини, підготовлено матеріали до публікації.

5. Богомолів А.В., Сафонова О.Н., Чудик Ю.В., Ірклиєнко В.І. Получение мучных смесей с помощью универсальной малогабаритной мини-мельницы // Вісник Харк. держ. політех. ун–ту: Зб. наук. праць. Вип. 123. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 107–112.

Особистий внесок: обґрунтовано доцільність використання борошняних сумішей, запропоновано основні шляхи їх отримання, сформульовано висновки, підготовлено матеріали до публікації.

6. Захаренко В.А., Сафонова О.Н., Чудик Ю.В. Влияние улучшающих добавок на пористую структуру бисквитных полуфабрикатов // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Ч. 1. – Харків: ХДАТОХ, 2000. – С. 41–47.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.

7. Богомолів А.В., Чудик Ю.В., Сафонова О.Н., Перцевой Ф.В. Маркетинговое обоснование технологии бисквитных полуфабрикатов на основе мучных композиций // Підвищення конкурентоспроможності підприємств торгівлі та харчування: Зб. наук. праць. – Харків: ХДАТОХ, 2000. – С. 159–164.

Особистий внесок: обґрунтовано та досліджено вплив чинників мікро– та макросередовища на формування ринку борошняної продукції, визначено конкурентоспроможність нової продукції, підготовлено матеріали до публікації.

8. Сафонова О.Н., Чудик Ю.В. Изменения физических свойств теста в присутствии модифицирующих добавок // Вісник Харк. нац. ун–ту. Серія “Актуальні проблеми сучасної науки у дослідженнях молодих вчених м. Харкова”. – Харків: ХНУ, 2001.– № 506. – Ч. 2. – С. 197–199.

Особистий внесок: сформульовано мету досліджень, виконано експериментальні дослідження, підготовлено матеріали до публікації.

9. Прочан О.В., Чудик Ю.В., Сафонова О.М., Гавриш Т.В., Захаренко В.О. Використання борошна із зернових сумішей у виробництві борошняних кондитерських виробів // Зернові продукти і комбікорми. – 2001. – №1. – С. 37–39.

Особистий внесок: обґрунтовано доцільність створення борошняних сумішей із борошна круп’яних культур безпосередньо під час помелу, досліджено технологічні параметри борошняної продукції, узагальнено результати експериментальних досліджень.

10. Богомолів О., Чудік Ю., Сафонова О., Гавриш Т., Захаренко В. Борошно із зернових сумішей. Способи його ефективного використання у кондитерських виробках // Зерно і хліб. – 2001. – №2. – С. 28–29.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, визначено технологічні параметри борошняної продукції, узагальнено результати експериментальних досліджень, підготовлено матеріали до публікації.

11. Сафонова О.М. Тісто на основі соргового та пшеничного борошна // Зерно і хліб. – 2001. №4. – С.23.

12. Сафонова О.М., Чудік Ю.В. Вивчення впливу модифікуючих додатків на вуглеводно-амілазний комплекс борошняної сировини // Обладнання та технологія харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Вип. 6. – Т1. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2001. – С. 123–128.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, досліджено параметри процесу клейстеризації ячмінного та пшеничного борошна з добавками, узагальнено результати експериментальних досліджень.

13. Сафонова О.М., Гавриш Т.В. Дослідження фізичних властивостей дріжджового тіста, що містить різну борошняну сировину та покращуючі добавки // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Ч.1.– Харків: ХДАТОХ, 2001. – С. 92–97.

Особистий внесок: обґрунтовано доцільність використання поліпшуючих добавок у дріжджовому тісті з використанням різної борошняної сировини, здійснено керівництво експериментальними роботами, підготовлено матеріали до публікації.

14. Сафонова О.Н. Обоснование использования мучных смесей в производстве мучных полуфабрикатов // Вісник Харк. держ. техніч. ун-ту с/г. Серія “Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв”. – Вип.5. – Харків: ХДТУСГ, 2001. – С. 109–115.

15. Гавриш Т.В., Сафонова О.М. Використання гліцерину та органічних кислот для поліпшення якості виробів із дріжджового тіста // Обладнання та технологія харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. – Вип. 7. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2002. – С. 41–46.

Особистий внесок: узагальнено результати експериментальних досліджень, підготовлено матеріали до публікації.

16. Сафонова О.М., Гавриш Т.В. Вплив органічних кислот і гліцерину на формостійкість хліба / Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Ч.1. – Харків: ХДАТОХ, 2002. – С. 84–89.

Особистий внесок: визначено раціональні концентрації добавок та спосіб їх уведення в рецептуру хліба, узагальнено експериментальні дані.

17. Сафонова О.М., Гавриш Т.В. Вплив органічних кислот і спиртів на реологічні властивості тіста і хлібобулочних виробів із слабого пшеничного борошна / Вісник нац. техн. ун-ту “ХПІ” : Зб. наук. пр. темат. випуск “Хімія, хімічна технологія та екологія”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2002. – №16. – С. 152–156.

Особистий внесок: здійснено планування експерименту, проведено фаринографічні дослідження властивостей борошняного тіста, узагальнено експериментальні дані, підготовлено матеріали до публікації.

18. Сафонова О.М., Чудік Ю.В. Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу борошняної сировини / Наук. праці НУХТ. – №14. – К.: НУХТ, 2003. – С.55–57.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, проведено амілографічні дослідження борошняних суспензій, підготовлено матеріали до публікації.

19. Чудік Ю.В., Сафонова О.М. Регулювання водопоглинальної здатності борошняних сумішей // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХДТУСГ. – Вип. 16. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – С. 165–170.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.

20. а) Сафонова О.М., Чудік Ю.В., Полевич В.В. Особливості формування якості бісквітних напівфабрикатів на основі ячмінного борошна // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХДТУСГ. – Вип. 22. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – С. 138–144.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, зроблено основні висновки, підготовлено матеріали до публікації.

б) Сафонова О.Н., Гавриш Т.В. Термогравиметрические исследования дрожжевого теста и хлеба с добавками органических кислот и глицерина / Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХДТУСГ. – Вип. 22. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – С. 120–126.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, складено план експериментальних робіт, узагальнено основні результати, підготовлено матеріали до публікації.

21. Сафонова О.М., Гавриш Т.В., Теймурова А.Т., Кривич В.С. Вивчення поверхневих властивостей розчинів у присутності органічних кислот і гліцерину // Вісник ДонДУЕТ №1 (17) 2003. – Серія “Технічні науки”. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2003. – С. 53–57.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, складено план експериментальних робіт, визначено поверхневий натяг водних розчинів поліпшуючих добавок.

22. Панченко І.А., Сафонова О.М., Гавриш Т.В. Ви застосовуєте слабке пшеничне борошно? Не потерпайте // Зерно і хліб. – 2003. – №2. – С. 36–37.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, визначено структурно-механічні властивості хлібної м'якушки, підготовлено матеріали до публікації.

23. Сафонова О.Н., Гавриш Т.В., Дубинина С.А., Кривич В.С. Количественное определение этилового спирта в дрожжевом тесте // Хранение и переработка зерна. – 2003. – №6 (48). – С. 46–48.

Особистий внесок: узагальнено літературні дані щодо застосування методів кількісного визначення вмісту спирту, обґрунтовано доцільність використання методу газової хроматографії, зроблено експериментальні дослідження та загальні висновки, підготовлено матеріали до публікації.

24. Гавриш Т.В., Сафонова О.М., Панченко І.А. Укріплення слабкої клейковини додаванням органічних кислот сумісно з гліцерином // *Зерно і хліб*. – 2003. – №2. – С. 36–37.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.

25. Сафонова О.М., Гавриш Т.В. ІЧ–спектроскопічні дослідження білків клейковинного комплексу // *Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Ч.1.* – Харків: ХДАТОХ, 2003. – С. 494–500.

Особистий внесок: обґрунтовано доцільність використання методу ІЧ–спектроскопії для виявлення механізму дії добавок на білки борошна, підготовлено зразки для досліджень, проведено розшифрування спектрів, зроблено загальні висновки.

26. Сафонова О.М. Сучасні тенденції створення борошняних сумішей // *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХДТУСГ.* – Вип. 16. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – С. 161–165.

27. Сафонова О.М. Дослідження просторової організації клейковинних білків у присутності поліпшуючих добавок. *Вісник ДонДУЕТ. Серія “Технічні науки”.* — 2004. – №1 (21). – С. 86–90.

28. Сафонова О.М. Регулювання пружних, еластичних і пластичних властивостей тіста зі слабого пшеничного борошна шляхом введення спиртів і кислот // *Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2004.* – Вип. 10. – С. 190–196.

29. Сафонова О.М., Лисюк Г.М., Чорна Н.В., Гавриш Т.В., Чудік Ю.В. Дослідження в'язких властивостей бісквітного та дріжджового тіста з різної борошняної сировини з добавками // *Восточно–Європейський журнал передових технологій.* — 2004. – №2 (8). – С. 15–17.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.

30. Сафонова О.М. Дослідження фракційного складу білкових речовин тіста з різної борошняної сировини з добавками // *Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Ч.1.* – Харків: ХДУХТ, 2004. – С. 83–91.

31. Сафонова О.М. Агрегуюча здатність білків клейковини в присутності поліпшуючих добавок // *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХДТУСГ.* – Вип. 28. – Том 1. – Харків: ХДТУСГ, 2004. – С. 79–86.

32. Сафонова О.М., Чорна Н.В., Чудік Ю.В., Куценко А.В. Технологічні аспекти виробництва бісквітного тіста з різної борошняної сировини з добавками // *Обладнання та технології харчових виробництв. Темат. зб. наук. пр. – Вип.12. – Том 2.– Донецьк: ДонДУЕТ, 2005.* – С. 188–196.

Особистий внесок: здійснено постановку проблеми і сформульовано мету дослідження, визначено показники протікання процесів піноутворення та емульгування в присутності поліпшуючих добавок, зроблено основні висновки, підготовлено матеріали до публікації.

33. Сафонова О.М., Полевич В.В. Оптимізація технології бісквітних напівфабрикатів із соргового борошна // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Вісник ХДТУСГ. – Вип. 38. – Харків: ХДТУСГ, 2005. – С. 143–150.

Особистий внесок: обрано критерії оптимальності та досліджено їх фізичні показники для бісквітного напівфабрикату з соргового борошна, складено умови проведення повнофакторного експерименту, отримано експериментальні дані.

34. Сафонова О.М. Теоретичні передумови та практичні аспекти використання добавок-регуляторів кислотності зі спиртами для поліпшення борошна // Наук. праці НУХТ.– №18. – К.: НУХТ, 2006. – С.13–16.

Статті в інших виданнях

35. Черная Н.В., Сафонова О.Н. Исследование физических свойств теста на основе мучных смесей из пшеничной и сорговой муки //Зерно і хліб. – 1998. –№3. – С. 34.

Особистий внесок: досліджено та проаналізовано показники фізичних властивостей тіста на основі борошняних сумішей, розроблено рекомендації з використання їх у складі кондитерських виробів.

36. Сафонова О.Н., Черная Н.В., Лисюк Г.М. Исследование качества бисквитных полуфабрикатов, приготовленных с использованием сорговой муки // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 1998. – С. 269–272.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, запропоновано та обґрунтовано спосіб визначення комплексного показника якості виробу.

37. Сафонова О.М. Як почувається клейковина в тісті на основі соргового й пшеничного борошна // Зерно і хліб. – 1999. – №2. – С. 32.

38. Богомолов А.В., Чудик Ю.В., Сафонова О.Н., Гавриш Т.В., Захаренко В.А. Использование муки из зерновых смесей в производстве мучных кондитерских изделий // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – №2. – С. 35–37.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати, підготовлено матеріали до публікації.

39. Сафонова О.М., Фоміна І.М. Титриметричний аналіз внутрішньо– та міжмолекулярних взаємодій біополімерів борошна з добавками. Наук. вісник ПУСКУ. Сер. “Технічні науки”. – Вип.3. – №2 (9)– Полтава: ПУСКУ, 2004. – С.65–68.

Особистий внесок: узагальнено літературні дані щодо застосування титриметричного аналізу для вивчення механізму взаємодії білкових речовин борошна з поліпшувачами, проведено експериментальні дослідження, узагальнено отримані результати.

40. Сафонова О.М. Оцінка функціонування технологічних систем виробництва випечених напівфабрикатів із ячмінним борошном і поліпшувачами // Наук. вісник ПУСКУ. Серія “Технічні науки”. – 2004. – №2 (13). – С.116–119.

Монографії, навчальні посібники

41. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / О.Н. Сафонова, Ф.В. Перцевой, О.А. Гринченко, А.Л. Фоцан, П.П. Пивоваров, А.В. Богомоллов, Л.Н. Тищенко, Б.Ч. Гарнцарек / Под ред. О.Н. Сафоновой. – Харьков: ХГАТОП, ХГТУСХ, 2000. – 199 с.

Особистий внесок: систематизовано літературні дані стосовно існуючих методик проведення системного аналізу; встановлено особливості представлення технологічних систем в підприємствах харчування; з використанням методів системного дослідження здійснено діагностику та кількісно оцінено ефективність функціонування технологічних систем желевної продукції; запропоновано алгоритм комплексної оцінки якості бісквітного напівфабрикату, здійснено розрахунок показників якості для виробів з бісквітного тіста на основі сортового борошна.

42. Переработка продукции растительного и животного происхождения / А.В. Богомоллов, Ф.В. Перцевой, О.Н. Сафонова, Н.В. Верешко, И.Н. Фомина, О.А. Гринченко / Под общ.ред. А.В. Богомоллова, Ф.В. Перцевого. – СПб: ГИОРД, 2001. – 336 с.

Особистий внесок: узагальнено літературні та експериментальні дані щодо впливу технологічних чинників на показники якості борошняної продукції, підготовлено матеріали до публікації.

Патенти

43. Декларацийний пат. №36479 А Україна, А 21 D13/08. Спосіб одержання бісквітного напівфабрикату / О.М.Сафонова, Ю.В.Чудік, Ф.В.Перцевий, О.В.Богомоллов, І.А.Панченко, Ю.О.Савгіра, Л.М.Тіщенко, В.В.Полевич, Б.Ч.Гарнцарек. № 99127053. Заявл. 24.12.1999. Опубл. 16.04.2001. Бюл. №3. – 2с.

Особистий внесок: запропоновано спосіб виготовлення бісквітного напівфабрикату, узагальнено літературні дані, сформульовано формулу винаходу.

44. Декларацийний пат. №36480 А Україна, А 21 D13/08. Спосіб одержання пісочного напівфабрикату / О.М.Сафонова, Ю.В.Чудік, Ф.В.Перцевий, О.В.Богомоллов, Ю.О.Савгіра, Л.М.Тіщенко, І.А.Панченко, Б.Ч.Гарнцарек. № 99127054. Заявл. 24.12.1999. Опубл. 17.19.2001. Бюл. №6. – 2с.

Особистий внесок: запропоновано спосіб виготовлення пісочного напівфабрикату, сформульовано формулу винаходу.

45. Декларацийний пат. №42270 А Україна, А 21 D13/08. Спосіб одержання масляного бісквітного напівфабрикату / Ю.В.Чудік, О.М.Сафонова, В.О.Захаренко, Ф.В.Перцевий, Р.Н.Савранська, Л.О.Чуйко. № 2000127260. Заявл. 18.12.2000. Опубл. 15.10.2001. Бюл. №9. – 2с.

Особистий внесок: проаналізовано прототипи винаходу, проведено експериментальні дослідження з обґрунтування раціональних концентрацій солі та спирту.

46. Декларацийний пат. №42271 А Україна, А 21 D13/08. Спосіб визначення кількісного складу борошняної суміші / Сафонова О.М., Богомоллов О.В., Чудік Ю.В. № 2000127261. Заявл. 18.12.2000. Опубл. 15.10.2001. Бюл. №9. – 3с.

Особистий внесок: проаналізовано прототипи винаходу, запропоновано спосіб визначення кількісного складу борошняної суміші, сформульовано формулу винаходу.

47. Декларацийний пат. №43027 А Україна, А 21 D13/08. Спосіб визначення загальної пористості хлібобулочних та бісквітних виробів / В.О.Захаренко,

О.М.Сафонова, Ю.В.Чудік. № 2000127262. Заявл. 18.12.2000. Опубл. 15.12.2001. Бюл. №10. – 3с.

Особистий внесок: проведено експериментальні дослідження з визначення пористості хлібобулочних виробів, сформульовано загальні висновки.

48. Деклараційний пат. №42269 А Україна, В 02 С15/08. Спосіб одержання борошняних сумішей і прилад для його здійснення / О.В.Богомолов, О.М.Сафонова, В.І.Ірклієнко. № 2000127259. Заявл. 18.12.2000. Опубл. 15.12.2001. Бюл. №9. – 2с.

Особистий внесок: запропоновано спосіб отримання борошняної суміші, проведено експериментальні дослідження щодо виходу борошняної суміші та її кількісного складу.

49. Деклараційний пат. №50040 А Україна, А 21 D8/02. Спосіб одержання дріжджового тіста / О.М.Сафонова, Т.В.Гавриш, Ф.В.Перцевий, І.А.Панченко. № 2001117630. Заявл. 08.11.2001. Опубл. 15.10.2002. Бюл. №10. – 2с.

Особистий внесок: запропоновано спосіб одержання дріжджового тіста, проаналізовано прототипи, сформульовано формулу винаходу.

50. Деклараційний пат. №50178 А Україна, А 21 D8/02. Спосіб одержання дріжджового тіста / С О.М.афонова, Т.В.Гавриш, Ф.В.Перцевий. № 2001020856. Заявл. 07.02.2001. Опубл. 15.10.2002. Бюл. №10. – 2с.

Особистий внесок: запропоновано спосіб одержання дріжджового тіста, сформульовано формулу винаходу.

51. Деклараційний пат. №58718 А Україна, А 21 D8/02. Спосіб одержання подових виробів із дріжджового тіста / Т.В.Гавриш, О.М.Сафонова. №2002086945. Заявл. 23.08.2002. Опубл. 15.08.2003. Бюл. №8. – 2с.

Особистий внесок: запропоновано спосіб одержання дріжджового тіста, сформульовано формулу винаходу, досліджено показники якості виробів.

52. Деклараційний пат. №65984 А Україна, G01 N24/00. Спосіб визначення водоутримуючої здатності борошна / В.В.Кисельник, О.М.Сафонова, О.Г.Д□яков, О.І.Горяник, С.О.Дубиніна. № 2003076372. Заявл. 08.07.2003. Опубл. 15.04.2004. Бюл. №4. – 3с.

Особистий внесок: проаналізовано прототипи винаходу, досліджено спосіб визначення водоутримуючої здатності борошна.

53. Деклараційний пат. №58673 А Україна, В 02 С15/08. Спосіб одержання багатокомпонентних борошняних сумішей і пристрій для його здійснення / О.В.Богомолов, О.М.Сафонова, В.П.Богомолова, В.І.Ірклієнко. № 2002043079. Заявл. 16.04.2002. Опубл. 15.08.2003. Бюл. №8. – 3с.

Особистий внесок: проаналізовано прототипи винаходу, досліджено спосіб одержання борошняної суміші, сформульовано формулу винаходу.

Тези доповідей та матеріали наукових конференцій

54. а) Дижечко Д.Ю., Сафонова О.Н., Перцевой Ф.В., Богомолов О.В. Практические аспекты использования мучных композиций в производстве изделий из дрожжевого теста // Прогрессивные технологии и оборудование пищевых производств: Тез.докл. Всерос. науч.–техн. конф. – СПб: СПбГАПТ, 1999. – С.187.

Особистий внесок: узагальнено результати експериментальних досліджень з використання борошняних композицій, підготовлено матеріали до публікації.

б) Чудик Ю.В., Сафонова О.Н., Перцевой Ф.В., Богомоллов О.В. Обоснование использования мучных смесей в производстве бисквитных полуфабрикатов // Прогрессивные технологии и оборудование пищевых производств: Тез. докл. Всерос. науч.–техн. конф. – СПб: СПбГАПТ, 1999. – С.186.

Особистий внесок: узагальнено результати експериментальних досліджень з виготовлення бисквітних виробів з використанням борошняних композицій, підготовлено матеріали до публікації.

55. Діжечко Д.Ю., Чудік Ю.В., Сафонова О.М., Перцевий Ф.В. Дослідження водопоглинальної здатності борошняних композицій. “Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо– і енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості: Мат. VI Міжнар. наук.–техн. конф. – К.: УДУХТ, 2000. – Ч. 2. – С. 70.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.

56. Сафонова О.Н., Чудик Ю.В., Перцевой Ф.В. Оценка качества бисквитных полуфабрикатов с использованием нетрадиционного мучного сырья // Продовольственный рынок и проблемы здорового питания: Труды 2–й Межд. науч. – практ. конф. – Орел: ГТУ, 1999. – С. 193.

Особистий внесок: узагальнено літературні дані, визначено метод розрахунку комплексного показника якості виробу, підготовлено матеріали до публікації.

57. Сафонова О.Н., Чудик Ю.В., Гавриш Т.В. Влияние химических модификаторов на реологические свойства клейковинных белков мучных композиций // Продовольственный рынок и проблемы здорового питания: Труды 3–й Межд. науч. – практ. конф. – Орел: ГТУ, 2000. – С. 176–178.

Особистий внесок: здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.

58. Чудік Ю.В., Сафонова О.М. Дослідження вуглеводно-амілазного комплексу борошняної сировини // Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка: Мат. міжн. наук.–техн. конф. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2001. – С. 23–24.

Особистий внесок: обґрунтовано об'єкти дослідження, здійснено керівництво експериментальними дослідженнями, підготовлено матеріали до публікації.

59. Сафонова О.Н., Чудик Ю.В., Перцевой Ф.В. Регулирование функционально–технологических свойств поликомпонентных мучных смесей для мучных кондитерских изделий // Крахмал и крахмалосодержащие источники – структура, свойства и новые технологии: Труды 1 Моск. межд. конф. – М.: ИБФРАН им. Н.М. Эмануэля, 2001. – С. 144–145.

Особистий внесок: сформульовано проблему застосування полікомпонентних борошняних сумішей, узагальнено експериментальні дані, зроблено загальні висновки.

60. Гавриш Т.В., Сафонова О.Н., Богомоллов А.В. Изменение физических свойств дрожжевого теста из мучных композиций в процессе брожения // Крахмал и крахмалосодержащие источники – структура, свойства и новые технологии: Труды 1 Междунар. конф. – М.: ИБФРАН им. Н.М. Эмануэля, 2001. – С. 133.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, узагальнено експериментальні дані, зроблено загальні висновки.

61. Сафонова О.М., Гавриш Т.В. Дослідження процесу кислотонакопичення в дріжджовому тісті з додаванням органічних кислот сумісно з гліцерином // Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв і торгівлі: Мат. міжнар. наук.–метод. конф., присвяч. 35–річчю академії. – Харків: ХДАТОХ, 2002. – С. 91–94.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, узагальнено експериментальні дані.

62. Сафонова О.Н., Гавриш Т.В. Производство хлебобулочных изделий из слабой пшеничной муки // Техника и технология пищевых производств: Матер. IV междунар. науч.–техн. конф. – Могилев: УО “МГУП”, 2003. – Ч. 1. – С. 36–37.

Особистий внесок: сформульовано мету дослідження, визначено формостійкість подових хлібних виробів у різний спосіб виготовлення, узагальнено експериментальні дані, зроблено загальні висновки.

63. Гавриш Т.В., Сафонова О.М. Дослідження ІЧ–спектрів клейковинних білків з покращуючими добавками // Управлінські та технологічні аспекти розвитку підприємств харчування та торгівлі: Тез. доп. міжнар. наук.–практ. конф., присвяч. 65–річчю з дня народж. Беляєва М.І. – Харків: ХДУХТ, 2003. – С. 341–343.

Особистий внесок: визначено спектральні характеристики зразків білків борошна, зроблено їх розшифровку та загальні висновки.

64. Сафонова О.М. Теоретичні передумови використання добавок–регуляторів кислотності та спиртів для поліпшення борошна // Нові технології та технологічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи: Матер. IX Міжнар. науково–техн. конф. – К.: НУХТ, 2005. – Ч.І. – С. 109–110.

АНОТАЦІЯ

Сафонова О.М. Наукове обґрунтування і розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2007.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню і розробленню технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з різної борошняної сировини з якісно зміненим процесом тістоутворення. Запропоновано наукову концепцію та можливі напрями з її реалізації. Науково обґрунтовано та експериментально доведено можливість використання ячмінного, соргового, трітікалевого борошна, а також пшеничного борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями шляхом комплексного застосування багатоатомного спирту з органічними кислотами (або їх натрієвими солями), що дозволяє управляти процесом тістоутворення та якістю борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів. Вперше виявлено закономірності комплексного впливу добавок–регуляторів кис-

лотності та багатоатомних спиртів на основні біополімери борошна, механізми регулювання структурно-механічних характеристик тіста з різної борошняної сировини, якісних показників борошняних кондитерських і хлібопекарських виробів. Вперше отримано закономірності формування якості борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з нетрадиційної борошняної сировини під час її виробництва та зберігання.

Ключові слова: борошняні кондитерські та хлібопекарські вироботи, борошняні суміші, структурно-механічні властивості, добавки-регулятори кислотності, багатоатомний спирт.

АННОТАЦІЯ

Сафонова О. Н. Научное обоснование и разработка технологий мучных кондитерских и хлебопекарных продуктов с использованием нетрадиционного мучного сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.01 – технология хлебопекарных продуктов и пищевых концентратов. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2007.

Диссертация посвящена научному обоснованию и разработке технологий мучных кондитерских и хлебобулочных продуктов из нетрадиционного мучного сырья с качественно измененным процессом тестообразования. Предложена научная концепция и возможные направления по ее реализации.

Разработана и исследована возможность регулирования структурно-механических свойств мучного теста путем комплексного использования добавок-регуляторов кислотности и многоатомных спиртов, установлен механизм модификации нативных свойств белковых веществ муки. Это позволяет вовлекать в производственный процесс нетрадиционное для кондитерской и хлебопекарной промышленности мучное сырье (ячменную, сорговую, тритикалевую муку) и пшеничную муку с пониженными хлебопекарными свойствами, улучшать структурно-механические характеристики теста, повышать качество готовых изделий и их пищевую ценность, расширять ассортимент продукции, рационально использовать сырьевой потенциал отрасли.

Впервые теоретически обоснован и экспериментально подтвержден физико-химический механизм регулирования структурно-механических свойств мучного теста. Установлены конформационные изменения белковых макромолекул муки при введении органической кислоты или ее натриевой соли; часть недоступных групп переходит в состояние, доступное действию спирта. С помощью последнего упорядочиваются неупорядоченные структуры макромолекул с образованием α -спиральных участков с внутримолекулярными водородными связями (в присутствии спирта при изменении рН в щелочную сторону) или β -слоев с межмолекулярными водородными связями (в присутствии спирта при изменении рН в кислую сторону). Это подтверждено ИК-спектроскопическим и титриметрическим анализом белковых веществ муки, исследованиями их агрегирующей способности и фракционного состава.

Установлено, что при использовании ацетата (цитрата) натрия совместно с глицерином возрастает растяжимость и эластичность теста из ячменной (сорго-

вой) муки. В присутствии глицерина совместно с лимонной (уксусной) кислотой повышаются упругость и эластичность, снижаются растяжимость и разжижение теста из слабой пшеничной (тритикалевой) муки. Увеличивается скорость удаления свободной влаги из теста; потеря связанной влаги происходит медленнее, что объясняется усилением ее связи с продуктом.

Использование рекомендованных добавок и различного мучного сырья обеспечивает технологическую стабильность процессов образования пен и эмульсий, стойкость их к разрушению. Улучшается в 1,4...1,5 раза газообразующая способность дрожжевого теста, что связано с активацией дрожжей и амилолитических ферментов; возрастают активная и титруемая кислотность теста, количество образующегося этилового спирта (на 22...55%) и сброженного сахара (на 35%). Повышается газодерживающая способность теста (дрожжевого – в 1,2 раза, бисквитного – 1,35 раза).

Для изделий из бисквитного теста рекомендованные концентрации добавок при использовании ячменной (сорговой) составляют 0,5...0,75% ацетата (цитрата) натрия и 0,5...0,75% глицерина к массе муки. По сравнению с традиционными рецептурами расход меланжа сокращается на 7...15%, какао-порошка на 50...75% (при использовании муки сорговой темной), пшеничная мука и крахмал исключаются полностью.

Для изделий из песочного теста рекомендованные концентрации добавок: при использовании ячменной (сорговой) муки составляют 0,4...0,8% ацетата (цитрата) натрия и 0,4...1,0% глицерина к массе муки. Расход какао-порошка уменьшается на 50...75% (при использовании муки сорговой); пшеничная мука исключается полностью.

Для хлебопекарных изделий на основе слабой пшеничной (тритикалевой) муки рекомендованы следующие концентрации добавок 0,20...0,40% глицерина и 0,05...0,10% кислоты (уксусной или лимонной) к массе муки. Добавки следует вводить в опару (при двухфазных способах тестоведения) или в водно-дрожжевую суспензию (при однофазных способах). Оптимизированы технологические режимы производства хлеба безопасным способом, на жидкой и на густой опаре из пшеничной и тритикалевой муки с улучшающими добавками.

Определены основные показатели качества и безопасности новой продукции. Отмечено, что качество новых изделий превышает качество традиционных за счет улучшения структурно-механических свойств (у бисквитных полуфабрикатов – заметно возрастает сжимаемость мякиша и улучшается ее структура, увеличиваются объем и пористость; у песочных полуфабрикатов – улучшаются консистенция и намокаемость изделий; у хлебобулочных изделий – улучшаются эластичность, пористость, сжимаемость мякиша, формоустойчивость) и пищевой ценности новой продукции.

Выполнен комплекс мероприятий по апробации и внедрению результатов исследований на предприятиях отрасли в Харьковской обл. (гг. Харьков, Чугуев, Купянск, Печенеги, Первомайский), Полтавской обл., Донецкой обл. Экономический эффект составляет: при производстве мучных кондитерских продуктов от 62 грн/т в зависимости от вида изделий за счет снижения цены на продукцию; хлебопекарных продуктов – от 21,11 грн/т за счет снижения технологических затрат

на упек и усушку, разности между стоимостью пшеничной муки различного хлебопекарного качества.

Ключевые слова: мучная кондитерская и хлебобулочная продукция, мучные смеси, консистенция, добавки-регуляторы кислотности, многоатомный спирт.

ANNOTATION

Olga M. Safonova. Scientific substantiation and elaboration of technology for flour confectionery and bakery products with qualitative changed process of dough making. – Manuscript.

Dissertation for an obtaining the scientific degree of Dr. Sci. Tech. on a speciality 05.18.01– technology of bread–making products and food concentrates. – National University of Food Technologies, Kiev, 2007.

The dissertation is devoted to scientific substantiation and elaboration of technology for flour confectionery and bakery products from different flour raw material with qualitative changed process of dough making. The possibility of using barley flour, sorghum flour, tritikale flour and also using of wheat flour with lowered baking properties by means of complex application of polyatomic alcohol with organic acids (or their salts), that affords to control the dough making process and flour confectionery and bakery products quality, is scientifically substantiated and experimentally proved. Mutual influence of glycerin with citric or acetic acids, with sodium acetates or citrates on resilient-elastic, plastic-viscous, hydratative, adhesive, biochemical and microbiological properties of dough from different flour raw material. The regularities of quality formation of flour confectionery and bakery products from different flour raw material during their production and storage are first received. The qualimetric estimation of new production quality is carried out; stability and integrity of technological systems for its output are estimated.

Key words: flour confectionery and bakery products, flour mixtures, structural-mechanical properties, additions-regulators of acidity, polyatomic alcohol.

Автор висловлює подяку д.т.н., проф. Г.М.Лисюк, д.х.н., проф. О.І.Торянику, д.т.н., проф. В.В.Полевичу, к.х.н., проф. Ю.О.Савгірі, к.с.-г.н., с.н.с. І.А.Панченку за наукові консультації, що були надані під час виконання дисертаційної роботи.