

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Національний університет харчових технологій

МИКОЛЕНКО СВІТЛАНА ЮРІЇВНА

УДК 664.6

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ
З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ**

Спеціальність 05.18.01 – Технологія хлібопекарських продуктів,
кондитерських виробів та харчових концентратів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Дніпропетровському державному аграрному університеті Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Півоваров Олександр Андрійович,
ДВНЗ «Український державний
хіміко-технологічний університет»,
завідувач кафедри технології неорганічних речовин
та екології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Юрчак Віра Гаврилівна,
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри хлібопекарських і кондитерських
виробів,

кандидат технічних наук, доцент
Лебеденко Тетяна Євгеніївна
Одеська національна академія харчових технологій,
доцент кафедри технології хліба, кондитерських, мака-
ронних виробів і харчоконцентратів.

Захист відбудеться «19» грудня 2012 р. о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізо-
ваної вченої ради Д 26.058.06 Національного університету харчових технологій за
адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету
харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «14» листопада 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.

Ю.В. Камбулова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Хліб є одним з найважливіших продуктів харчування, який забезпечує організм людини вітамінами, мінералами, білковими речовинами та має високу енергетичну цінність. Однак виробництво хлібопекарської продукції прийнятної якості та мікробіологічної безпеки потребує використання борошна з високими хлібопекарськими властивостями, кількість якого на світовому ринку тенденційно знижується. Основними чинниками такого явища є несприятливі кліматичні умови виробництва зернової продукції, недотримання агротехнічних заходів і технологічних особливостей зберігання та переробки зерна. Тому для коректування хлібопекарських властивостей борошна широкого розповсюдження в хлібопеченні набуло застосування поліпшувачів різного походження. Такі добавки можуть негативно впливати на здоров'я споживачів, особливо з огляду на те, що хлібобулочні вироби є продуктами масового вживання та присутні в щоденному раціоні людини.

Необхідним компонентом у рецептурі хлібобулочних виробів є вода. На сьогодні в Україні хлібопекарські підприємства для виробництва продукції найчастіше використовують воду без додаткової обробки. Відомо, що від її структури та хімічного складу залежить інтенсивність мікробіологічних, біохімічних, колоїдних процесів під час приготування тіста та якість готового продукту. Тому актуальною є розробка способів попередньої підготовки води для вирішення таких проблем галузі як інтенсифікація виробництва, підвищення якості продукції, подовження терміну зберігання її свіжості та мікробіологічної безпеки. Питаннями додаткової обробки води в хлібопекарському виробництві займалися Мазур П.Я., Корчагін В.І., Циганова Т.Б., Пономарьова О.І., Дерканосова Н.М., Шестаков С.Д., Ковальова Г.Є., Науменко Н.В., Волохова Т.П. та інші дослідники. Однак використання води, підданої дії відомих фізико-хімічних чинників, наприклад електролізу, ультрафіолетовому опромінюванню, електричних розрядів, не отримали широкого розповсюдження з багатьох причин, у тому числі через відсутність серійного обладнання і удосконалених технологічних регламентів. Тому більшість з таких технологічних рішень до цього часу не вийшли за межі лабораторних досліджень.

Перспективним методом технологічної підготовки води є використання електричних розрядів, серед яких окремо виділяється застосування контактної нерівноважної плазми для обробки води та водних розчинів. Плазмохімічно активована вода володіє високою проникною здатністю й антисептичними властивостями за рахунок наявності специфічної дрібнокластерної структури та пероксидних сполук. Водночас з тим, вода, піддана дії контактної нерівноважної плазми, не містить у своєму складі додатково привнесених хімічних речовин, що надає їй додаткових переваг у використанні для виробництва хлібопекарської продукції.

На сьогодні створено ряд промислово-дослідних установок для отримання плазмохімічно активованої води, проте відсутні відомості щодо впливу такої води на основну сировину хлібопекарського виробництва, тістові напівфабрикати та споживчі характеристики готової продукції. Тому актуальними є наукові дослідження у напрямі розробки технології хлібобулочних виробів з використанням води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, та визначення механізмів її впливу на власти-

вості біополімерів та стан мікрофлори на різних технологічних стадіях виробництва хлібопекарської продукції, що має сприяти підвищенню продуктивності виробництва, поліпшенню якості та мікробіологічної безпеки хлібобулочних виробів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до тематики науково-дослідних робіт ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» у межах держбюджетної теми № 0112 U002064 «Розробка технологій на основі контактної нерівноважної низькотемпературної плазми в хімічній та природоохоронній галузі», а також науково-дослідної роботи № 0112 U007127 «Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованої води».

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є наукове обґрунтування удосконаленої технології хлібобулочних виробів з використанням води, підданої дії контактної нерівноважної плазми.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

- дослідити вплив плазмохімічно активованої води на процеси, зумовлені хлібопекарськими властивостями пшеничного борошна;
- вивчити зміну технологічних властивостей хлібопекарських дріжджів при використанні води, підданої дії контактної нерівноважної плазми;
- дослідити вплив плазмохімічно активованої води на характеристики тістових напівфабрикатів під час приготування;
- розробити математичні моделі й оптимізувати технологічні параметри виробництва хлібопекарської продукції з використанням води, підданої дії контактної нерівноважної плазми;
- дослідити вплив плазмохімічно активованої води на якість хліба із пшеничного борошна;
- визначити особливості мікроструктури і форм зв'язку вологи в тісті та готовій продукції за умови використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, замість магістральної води без додаткової обробки;
- встановити вплив технологічних чинників і окремих рецептурних компонентів на якість хлібобулочних виробів, виготовлених із залученням плазмохімічно активованої води;
- дослідити вплив плазмохімічно активованої води на мікробіологічну стійкість хлібобулочних виробів і ступінь збереження їх свіжості;
- провести комплекс робіт з розробки нормативної документації, впровадження вдосконаленої технології і визначити економічну ефективність виробництва хлібопекарської продукції з використанням плазмохімічно активованої води.

Об'єкт дослідження – технологія хлібобулочних виробів.

Предмет дослідження – хлібопекарські властивості борошна, технологічні властивості дріжджів, біотехнологічні та структурно-механічні властивості тіста, процеси тістоприготування, готова продукція.

Методи дослідження. У процесі виконання дисертаційної роботи було використано: аналітичні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні методи визначення якості вихідної сировини, тістових напівфабрикатів і готових виробів;

методи планування експерименту та математичного моделювання з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів:

- визначено, що плазмохімічно активована вода зміцнює клейковину за рахунок наявності пероксидних і надперекисних сполук та знижує показник числа падіння пшеничного борошна, що пов'язано з дрібнокластерною структурою такої води;
- вперше встановлено, що вода, піддана дії контактної нерівноважної плазми, сприяє покращенню підйимальної сили і зниженню осмочутливості хлібопекарських пресованих дріжджів у результаті підвищення проникної здатності біомембран мікроорганізмів;
- доведено, що використання плазмохімічно активованої води внаслідок інтенсифікації біохімічних, мікробіологічних і колоїдних процесів створює передумови для скорочення тривалості дозрівання безопарного тіста до 20 %;
- вперше визначено, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, поліпшує фізичні властивості тіста; зі збільшенням тривалості обробки води знижується розтяжність, підвищується пружність і газотримувальна здатність тістових напівфабрикатів;
- доведено, що застосування плазмохімічно активованої води дозволяє підвищити якість хліба, виготовленого зі слабого борошна, що підтверджено збільшенням питомого об'єму та пористості виробів, зростанням їх формостійкості;
- визначені закономірності формування якості хлібобулочних виробів під впливом технологічних чинників і компонентів рецептур за умови використання борошна з середніми хлібопекарськими властивостями та плазмохімічно активованої води; застосування води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, для приготування виробів з цукром або жиром сприяє підвищенню якості готової продукції;
- вперше встановлено, що використання плазмохімічно активованої води продовжує термін свіжості хлібобулочних виробів за рахунок утворення суцільної білково-крохмальної матриці на мікроструктурному рівні та збільшення вмісту зв'язаної вологи в продукті;
- доведено підвищення мікробіологічної стійкості хлібобулочних виробів, виготовлених за удосконаленою технологією, внаслідок антисептичних властивостей води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, і зменшення кількості доступної для мікроорганізмів вологи.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень запропонована вдосконалена технологія виробництва хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованої води, що забезпечує інтенсифікацію дозрівання тістових напівфабрикатів, отримання продукції високої якості, зокрема, у разі застосування борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями, збереження виробами свіжості та їх мікробіологічну стійкість під час зберігання. Розроблено і затверджено технологічну інструкцію на виробництво хліба білого з використанням плазмохімічно активованої води. Апробацію результатів дисертаційної роботи проведено в умовах ТОВ «Дніпропетровський хлібо завод № 9» (акт від 22.02.2011 р.). Впровадження науково-технічних розробок і випуск промислових партій здійснено на підприємстві хлібопекарської промисловості

с.м.т. Васильківка Дніпропетровської області, що підтверджено актом впровадження на ПП «Кронглевський Віктор Іванович» (акт від 12.12.2011 р.).

Впровадження удосконаленої технології в практику хлібопечення дозволяє отримати за рахунок підвищення продуктивності виробництва економічний ефект, що становить 29,42 грн. на 1 т готової продукції, та підвищити конкурентоздатність продукції на ринку.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, розробці програми досліджень, організації, проведенні й узагальненні аналітичних і експериментальних робіт, аналізі та обробленні одержаних даних, формулюванні висновків, підготовці матеріалів до публікації, складанні заявок на корисну модель, розробці нормативної документації, проведенні заходів із впровадження результатів досліджень у виробництво.

Аналіз та узагальнення результатів досліджень, підготовку матеріалів до публікації проведено спільно з науковим керівником д.т.н., проф. Півоваровим О.А.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень обговорювались на наукових конференціях: X-й Міжнародній науково-практичній конференції «Хлібопродукти – 2010» (м. Одеса, ОНАПТ, 2010), 77, 78 науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, НУХТ, 2011, 2012 рр.), V Міжнародній науково-технічній конференції «Хімія та сучасні технології» (м. Дніпропетровськ, ДВНЗ «УДХТУ», 2011), VII Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку» (м. Донецьк, ДонНУЕТ, 2011), III Міжнародній науково-практичній конференції «Науково-технічна творчість студентів з процесів і обладнання харчових виробництв» (м. Донецьк, ДонНУЕТ, 2011), Міжнародній науково-практичній конференції «Удосконалення процесів і обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості» (м. Київ, НУХТ, 2012), Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми гігієни та технології харчування. Сучасні тенденції і перспективи розвитку» (м. Донецьк, ДонНУЕТ, 2012), X Міжнародній науково-практичній конференції «Вода: проблеми и решения» (м. Дніпропетровськ, ДДАУ, 2012), Міжнародній науково-практичній конференції «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (м. Харків, ХДУХТ, 2012).

Публікації. За результатами роботи опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 9 статей у наукових фахових виданнях, затверджених Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України, 1 патент України на корисну модель, 9 тез доповідей наукових конференцій.

Структура дисертації та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, дев'яти додатків. Основний текст роботи розміщено на 152 сторінках друкованого тексту, що містить 36 таблиць і 39 рисунків. Список використаних джерел включає 191 найменування, у тому числі 41 іноземне.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, надано відомості стосовно особистого внеску здобувача й апробації результатів дисертації.

У **першому розділі «Сучасні способи підготовки води в хлібопекарському виробництві (літературний огляд)»** розглянуто можливості регулювання технологічного процесу виробництва хлібопекарської продукції за рахунок застосування попередньої підготовки води. Наведено характеристики води як основної сировини хлібопекарського виробництва. Проведений аналіз відомих фізико-хімічних методів обробки води, що застосовуються в технології хлібобулочних виробів. Проаналізовано використання контактної нерівноважної плазми для обробки води як перспективного методу додаткової підготовки сировини в хлібопекарському виробництві.

У **другому розділі «Характеристика сировини, методів і техніки експериментальних досліджень»** відображено організаційну, методологічну та технічну сторону дослідницької роботи. Розроблена схема досліджень наведена на рис. 1.

Експериментальну частину роботи виконано на базі лабораторій кафедри технології зберігання та переробки сільськогосподарської продукції Дніпропетровського державного аграрного університету, наукової лабораторії плазмохімічних технологій, лабораторії диференціально-термічного аналізу та наукової лабораторії електронно-мікроскопічного аналізу ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», лабораторії визначення біохімічних та технологічних показників якості Українського інституту експертизи сортів рослин, міжкафедральної науково-дослідної лабораторії «Нові технології та фізико-хімічні дослідження харчових продуктів» кафедри технології харчування Харківського державного університету харчування та торгівлі, бактеріологічної лабораторії санітарно-епідеміологічної станції м. Дніпропетровська.

Плазмохімічно активовану воду отримували в реакторі дискретного типу об'ємом 0,7 дм³. Для визначення характеристик магістральної води та води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, застосовували універсальний прилад для контролю якості води та водних розчинів РНТ-028. Вміст пероксидних сполук у плазмохімічно активованій воді визначали за допомогою тест-смужок Peroxide-test.

Газоутворювальну здатність борошна встановлювали волюмометричним методом. Активну кислотність і окисно-відновний потенціал тістових напівфабрикатів визначали потенціометричним методом, фізичні властивості тіста – за допомогою альвеографа Шопена і фаринографа «Grabinder». Дослідження мікроструктури тіста і хліба проводились на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И з попередньою підготовкою зразків в установці Jeol JSM-1100. Форми зв'язку вологи в напівфабрикатах і хлібобулочних виробках визначали методом диференціально-термічного аналізу на дериватографі «Паулік-Паулік-Ердей» марки Q-1500D. Структурно-механічні властивості м'якушки хліба оцінювали за допомогою пенетрометра «Labor». Комплексну оцінку якості хлібобулочних виробів проводили за допомогою методів кваліметрії.



Рисунок 1 – Загальна схема проведення експериментальних досліджень

Економічну ефективність визначали за діючими в галузі методиками розрахунку. Кожна серія дослідів виконувалась у три-, п'ятикратній повторності. Обробка результатів експериментальних досліджень здійснювалась методами математичної статистики. Розробка математичних моделей кусково-лінійної функції видалення вологи з тіста й оптимізація технологічних параметрів виробництва хлібобулочних виробів за результатами експериментально-статистичного моделювання проводились з використанням прикладних програм МО Excel, MathCad.

У третьому розділі «Теоретичні обґрунтування та експериментальні дослідження впливу плазмохімічно активованої води на сировину хлібопекарського виробництва» відображено результати досліджень впливу води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, на процеси, зумовлені хлібопекарськими властивостями пшеничного борошна, та технологічні характеристики хлібопекарських пресованих дріжджів. Встановлено, що плазмохімічно активована вода суттєво впливає на стан білково-протеїнажного комплексу борошна. Залежно від сорту борошна та його сили відбувається зміцнення клейковини на 8–43 % за рахунок дії активного кисню, пероксидних і надперекисних сполук, які містяться у плазмохімічно активованій воді (рис. 2). Внаслідок дрібнокластерної структури такої води гідратаційна здатність клейковини зростає на 5–17 % у порівнянні зі зразками, відмитими з тіста, замішаного з використанням магістральної води.

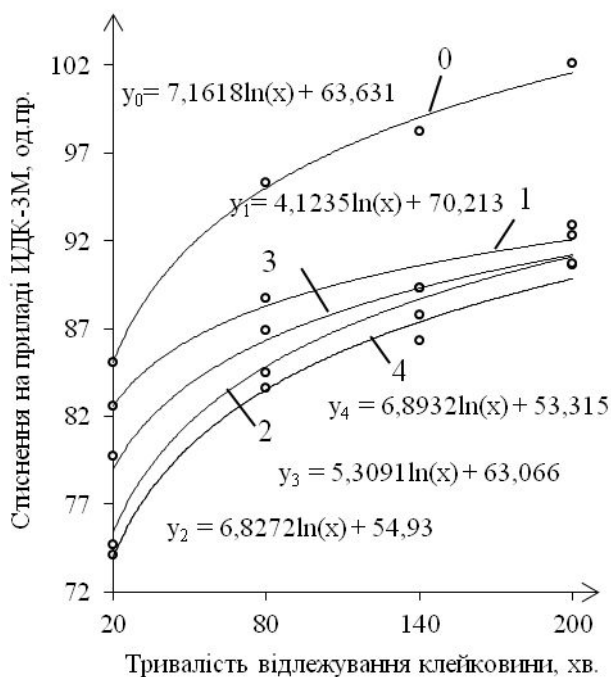


Рисунок 2 – Зміна деформації стиснення клейковини на приладі ІДК-3М залежно від тривалості відлежування за умови використання для замішування тіста води, обробленої протягом, хв.: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 0 – 0 (контроль)

Визначено, що використання плазмохімічно активованої води сприяє збільшенню кількості вуглекислого газу, що виділяється зі 100 г борошна за 5 годин бродіння тіста з надлишковим вмістом дріжджів. Залежно від тривалості контактної дії на воду та сорту борошна ефект становить 10–30 % (рис. 3).

Експериментальні дослідження показали, що вода, піддана дії контактної нерівноважної плазми, до 20 % знижує значення показника падіння пшеничного борошна у порівнянні з контролем, що свідчить про підвищення активності α -амілази (рис. 4). Оцінка ймовірності результатів досліджень показала, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми від 20 до 40 хв., однаково впливає на активність амیلілізу. Встановлено, що превалюючий вплив на показник числа падіння борошна чинить не значення рН плазмохімічно активованої води та наявність у ній пероксидних і надперекисних сполук, а її специфічна структурна будова. Отримані ефекти вказують на до-

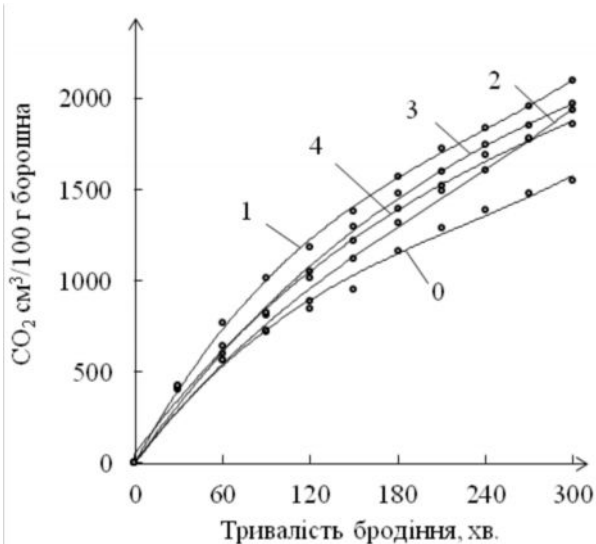


Рисунок 3 – Зміна газоутворювальної здатності борошна при використанні води, підданої дії плазми протягом, хв.: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 0 – 0 (контроль)

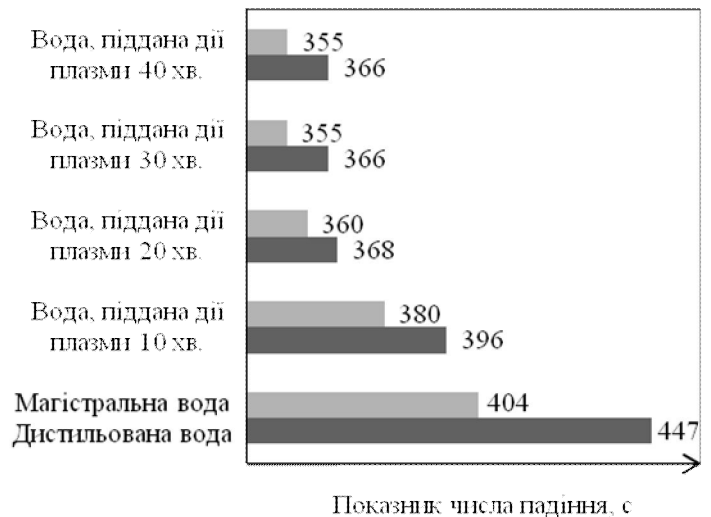


Рисунок 4 – Вплив плазмохімічно активованої води на показник числа падіння пшеничного борошна

цільність використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, у поєднанні з борошном, що має знижені хлібопекарські властивості.

Встановлено, що застосування плазмохімічно активованої води сприяє поліпшенню технологічних властивостей хлібопекарських пресованих дріжджів. Експериментально підтверджене покращення підйимальної сили дріжджів торгових марок «Львівські» (ПрАТ «Компанія Ензим») та «Криворізькі» (ПАТ «Наdejда») у середньому на 15 %, а також зниження їх осмочутливості на 40–45 % за рахунок використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, замість магістральної води без додаткової обробки. Очевидно, що збільшення кількості мономолекулярної фази у воді після обробки контактною нерівноважною плазмою викликає підвищення проникної здатності цитоплазматичних мембран, що у свою чергу прискорює обмін речовин дріжджової клітини з поживним середовищем, яким виступає тістовий напівфабрикат.

У четвертому розділі «Дослідження впливу плазмохімічно активованої води на властивості тістових напівфабрикатів» наведено результати досліджень біохімічних і фізичних властивостей тіста, приготованого з використанням плазмохімічно активованої води, встановлені особливості зв'язку вологи в тісті, вивчено його мікроструктуру, а також визначено оптимальні умови приготування тіста за параметрами якості хлібобулочних виробів. Встановлено, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, сприяє прискореному накопиченню в тісті під час дозрівання вуглекислого газу, зокрема, на етапі вистоювання тістових заготовок, зростанню кількості кислореагуючих речовин і концентрації іонів водню в середовищі та зміні характеру протікання окисно-відновних процесів у тісті в напрямі утворення більшої кількості відновлених продуктів реакцій (рис. 5). Такі ре-

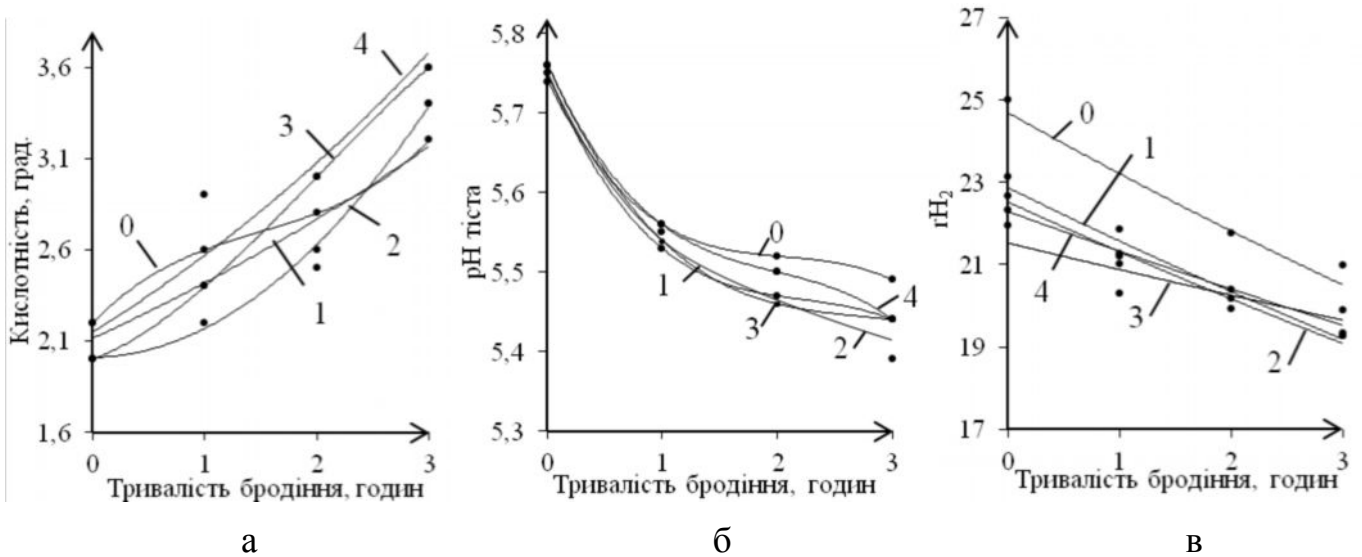


Рисунок 5 – Вплив плазмохімічно активованої води на загальну кислотність (а), активну кислотність (б) і окисно-відновний потенціал тіста (в) під час дозрівання. Тривалість обробки води, хв.: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 0 – 0 (контроль)

зультати забезпечують скорочення тривалості бродіння тістового напівфабрикату до 20 % у порівнянні з використанням магістральної води без додаткової обробки.

Структурно-механічні властивості тіста покращуються внаслідок застосування плазмохімічно активованої води, зокрема, газотримувальна здатність тістового напівфабрикату підвищується до 30 %. За даними фаринографічного аналізу в результаті використання для замішування тіста води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, зменшується час утворення тіста до 25 % і його розрідження на 15–30 % та підвищується загальна валориметрична оцінка до 20 % у порівнянні з контролем (рис. 6). За результатами альвеографічного аналізу тіста, приготованого з використанням плазмохімічно активованої води, встановлене підвищення його пружності в середньому на 60 %, зниження розтяжності на 20–25 % і збільшення енергії деформації до 50 % у порівнянні зі зразками, виготовленими за традиційною технологією. Поліпшення фізичних властивостей тіста вказує на перспективи застосування плазмохімічно активованої води для коректування якості хліба зі слабого борошна.

За допомогою даних диференціально-термічного аналізу було побудовано кусково-лінійні функції видалення вологи з тіста (рис. 7). Встановлено, що за рахунок

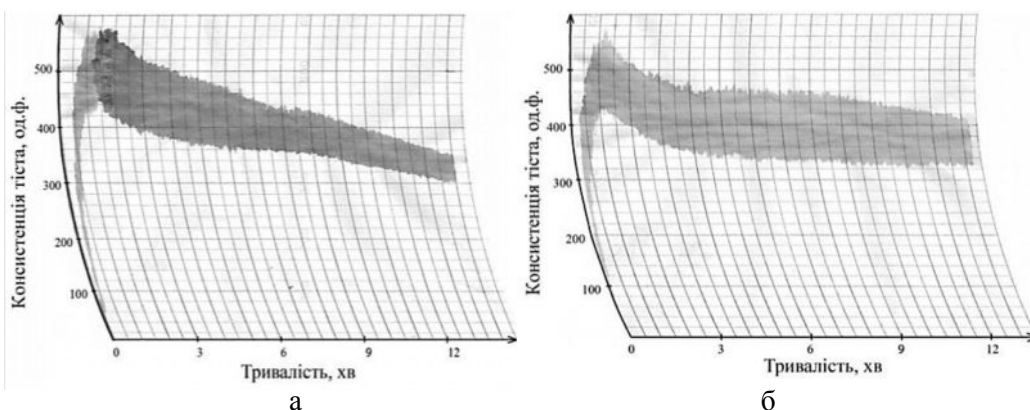


Рисунок 6 – Фаринограми тіста, замішаного зі слабого борошна та магістральної води (а); плазмохімічно активованої води (б)

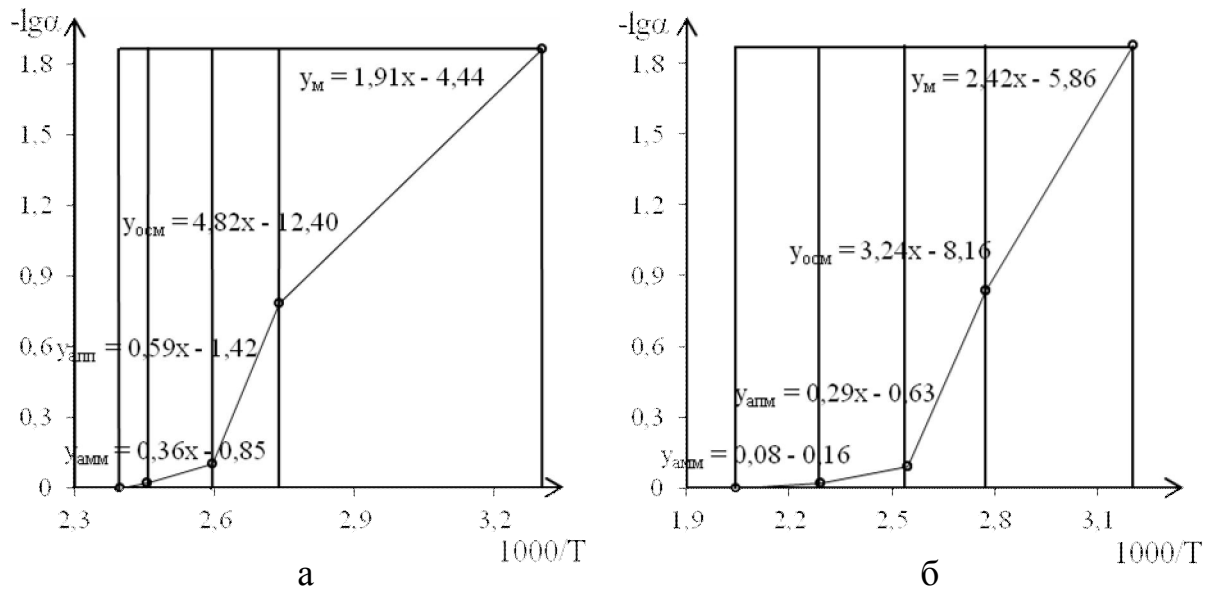
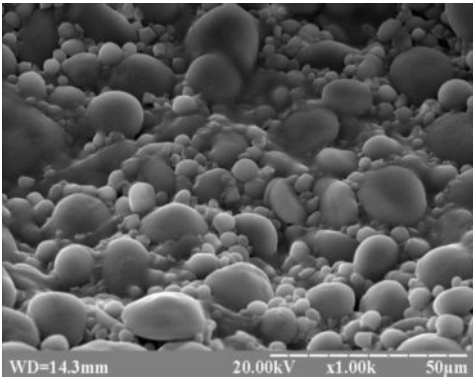


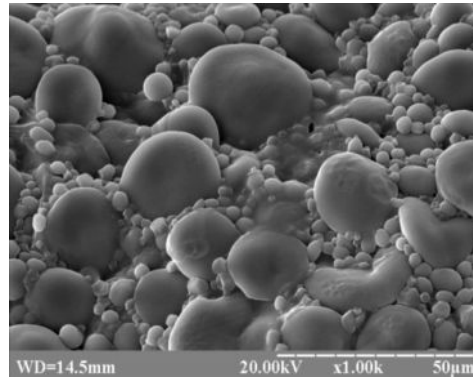
Рисунок 7 – Кусково-лінійна функція виділення вологи з тіста, замішаного з використанням магістральної води (а) і плазмохімічно активованої води (б) через 30 хв. бродіння напівфабрикату

застосування води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, відбувається зниження швидкості видалення вологи, зв'язаної біополімерами осмотично і адсорбційно. Визначено, що тісто, приготоване із пшеничного борошна з різними хлібопекарськими властивостями (середнього за силою і слабкого) з використанням плазмохімічно активованої води, містить у середньому на 6 % більше осмотично й адсорбційно зв'язаної вологи у порівнянні з контролем. Розраховано удавану енергію активації для тістових напівфабрикатів і встановлено, що для тіста з борошна середнього за силою цей показник зростає на 1–5 % порівняно з використанням для замішування слабкого борошна. Такий ефект пояснюється зміцненням зв'язку між компонентами тіста з борошна, що має вищі хлібопекарські якості. Удавана енергія активації на початку бродіння для тіста, замішаного з використанням плазмохімічно активованої води, є вищою у порівнянні з контрольними зразками незалежно від характеристик якості борошна. Однак при подальшому дозріванні зміна енергетичного параметру для дослідних зразків має відмінний характер і значення, знижені відносно початкового етапу бродіння. При використанні магістральної води без додаткової обробки удавана енергія активації наприкінці дозрівання тіста зростає на 1,5–3 %, а при залученні плазмохімічно активованої води, навпаки, знижується на 4,5–6,5 %. Слід вважати, що така різнонаправленість енергетичної характеристики викликана більш інтенсивним протіканням дозрівання тіста для дослідних зразків і глибокими перетвореннями в сторону деструкції, спрощення, диспергування складних органічних сполук.

Вивчення мікроструктури тіста (рис. 8) показало, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, змінює його внутрішню структуру в результаті утворення більш розвинутої білкової матриці та підвищення ступеня набухання крохмальних зерен, які здебільшого поглинають воду адсорбційно.



а



б

Рисунок 8 – Мікρο-структура тіста ($\times 1000$), приготованого з використанням магістральної води (а); плазмохімічно активованої води (б)

За допомогою математично-статистичного моделювання були розроблені математичні моделі, які адекватно описують залежність характеристик якості хліба від вологості тіста X_1 , % і концентрації пероксидних сполук у плазмохімічно активованій воді X_2 , мг/л (рис. 9). Отримані регресійні рівняння мають наступний вигляд: для питомого об'єму

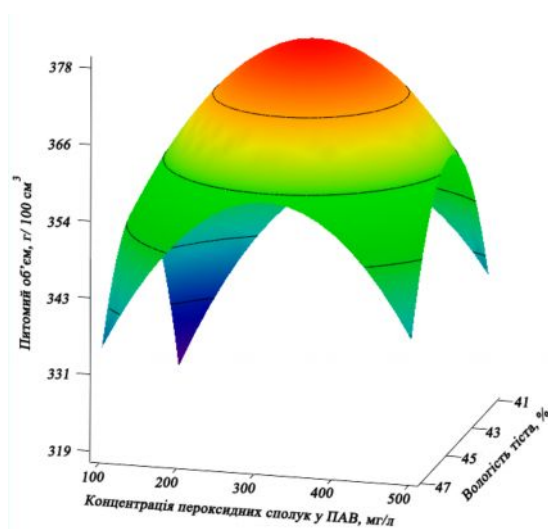
$$Y_1 = 377,49 + 4,58X_1 + 5,46X_2 - 3,19X_1X_2 - 23,30X_1^2 - 21,68X_2^2;$$

для формостійкості

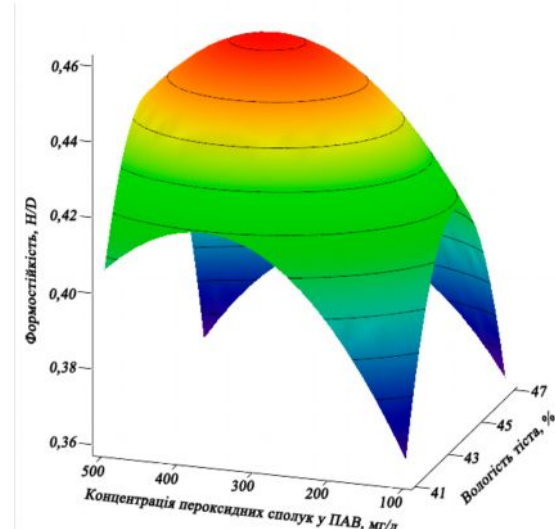
$$Y_2 = 0,460 - 0,013X_1 + 0,012X_2 - 0,016X_1X_2 - 0,053X_1^2 - 0,035X_2^2.$$

У результаті оптимізації встановлено, що при вологості тіста 43,5–44,3 % і концентрації пероксидних сполук у плазмохімічно активованій воді 324–342 мг/л хлібопекарські вироби матимуть найвищу якість – їх питомий об'єм становитиме 376,3–378,0 $\text{cm}^3/100 \text{ g}$, формостійкість подових виробів складатиме 0,458–0,461 Н/Д.

У п'ятому розділі «Дослідження впливу плазмохімічно активованої води на споживчі властивості хлібобулочних виробів» обґрунтовано доцільність використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, замість магістральної



а



б

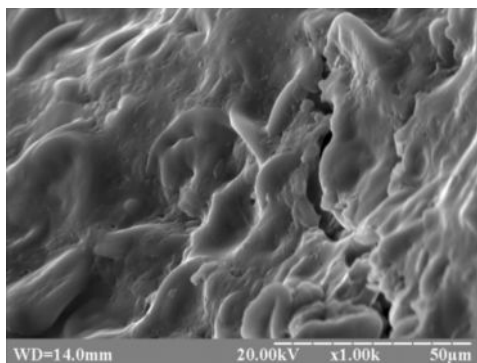
Рисунок 9 – Поверхні відгуку залежності питомого об'єму (а) і формостійкості (б) хліба від вологості тіста та концентрації пероксидних сполук у плазмохімічно активованій воді

води без додаткової обробки з огляду на характеристики якості, свіжість і мікробіологічну стійкість хлібопекарської продукції під час зберігання.

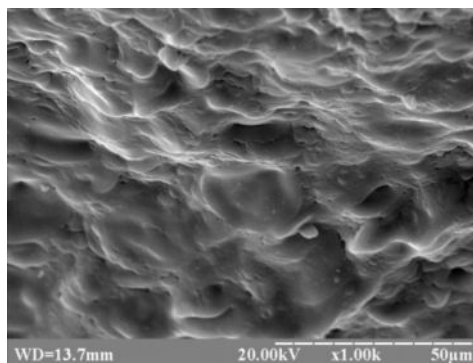
Встановлено, що у поєднанні зі слабким борошном застосування плазмохімічно активованої води забезпечує збільшення питомого об'єму хліба до 8 % та пористості до 5 %, зростання формостійкості подових виробів у середньому на 20–35 % в порівнянні з хлібом, виготовленим за традиційною технологією.

За допомогою дериватографічних досліджень встановлено, що протягом 72 годин зберігання хліба, виготовленого з використанням плазмохімічно активованої води, у його м'якушці залишається збільшеним на 2–6 % вміст міцно зв'язаної біополімерами вологи у порівнянні з виробами, для приготування яких застосовували магістральну воду без додаткової обробки.

На мікроструктурному рівні використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, викликає утворення суцільної структури без прошарків і чіткої межі між окремими складовими. Встановлено, що для виробів, виготовлених за удосконаленою технологією, затримуються процеси зміни стану складових під час зберігання продукту (рис. 10).



а



б

Рисунок 10 – Мікроструктура хліба ($\times 1000$) після 72 годин зберігання, виготовленого з використанням магістральної води (а); плазмохімічно активованої води (б)

У разі застосування плазмохімічно активованої води готова хлібопекарська продукція довше зберігає свою свіжість і має знижену на 2–4 % кришкуватість і підвищену на 11–14 % поглинальну здатність м'якушки (табл. 1). Такі дані узгоджуються з результатами досліджень зміни мікроструктури хліба під час зберігання, зокрема, встановленою появою значної кількості розривів на поверхні пор м'якушки для виробів, виготовлених за традиційною технологією, та відсутністю таких структурних включень у хлібі, виготовленому з використанням плазмохімічно активованої води (рис. 10). Встановлено, що вода, піддана дії контактної нерівноважної плазми, позитивно впливає на реологічні властивості м'якушки, сприяючи збереженню її пластичних і пружних властивостей під час зберігання хліба на 12–22 % у порівнянні з контролем. Очевидно, що причинами таких структурно-механічних властивостей м'якушки хліба під час зберігання виступають підвищення в дослідних зразках вмісту зв'язаної вологи та структурні перетворення крохмалю, викликані підвищенням активності амілолітичних ферментів борошна.

Досліджено вплив способів приготування тіста та окремих компонентів рецептур (дріжджів, цукру, жиру) на якість хлібобулочних виробів, виготовлених із борошна з середніми хлібопекарськими властивостями за удосконаленою техноло-

Таблиця 1 – Вплив плазмохімічно активованої води на ступінь свіжості хліба під час зберігання

Показник	Тривалість зберігання хліба, год.		
	24	48	72
Вологість м'якушки, %	<u>42,3</u> 42,5	<u>41,8</u> 42,1	<u>41,7</u> 42,0
Кришкуватість м'якушки, %	<u>5</u> 3	<u>6</u> 4	<u>10</u> 6
Кількість вологи, яку поглинає м'якушка, % на СР	<u>233</u> 245	<u>207</u> 218	<u>194</u> 210
Структурно-механічні властивості м'якушки, визначені на пенетрометрі «Labog», од. пр.: загальна деформація	<u>68,6</u> 66,1	<u>68,3</u> 66,5	<u>54,6</u> 66,9
	<u>60,2</u> 55,2	<u>60,5</u> 57,7	<u>47,6</u> 58,6
	<u>8,4</u> 10,9	<u>7,8</u> 8,8	<u>7,0</u> 8,3

Примітка. Значення над рискою – показник для контрольного зразка, під рискою – для дослідного

гією з додержанням оптимальних умов тістоприготування. Встановлено, що використання плазмохімічно активованої води замість магістральної води без додаткової обробки є доцільним як при опарному, так і при безопарному способі тістотведення (табл. 2). При внесенні 1–4 % дріжджів питомий об'єм виробів збільшується на 2–7 % у порівнянні з контролем, за комплексною оцінкою якості оптимальним при безопарному приготуванні тіста є дозування дріжджів у кількості 2,5 % до маси борошна. Включення цукру і жиру в межах 1–15 % у рецептури хлібобулочних виробів у випадку застосування плазмохімічно активованої води забезпечує покращення їх споживчих характеристик: ефект за питомим об'ємом виробів становить 3–13 %, комплексна оцінка якості підвищується до 18 % у порівнянні з контролем за рахунок покращення органолептичних властивостей продукції. Найбільш ефективним відносно традиційних підходів до виробництва хлібобулочних виробів є внесення цукру в рецептури у кількості 1–5 % до маси борошна. Щодо жиру, то ефект від використання плазмохімічно активованої води змінювався прямопропорційно зі збільшенням вмісту даного інгредієнту. Підвищення якості виробів при внесенні додат-

Таблиця 2 – Вплив способу приготування тіста на якість виробів, виготовлених з використанням плазмохімічно активованої води

Спосіб приготування тіста	Характеристики хліба, виготовленого із застосуванням:		Ефект, %
	магістральної води (контроль)	плазмохімічно активованої води	
питомий об'єм, см ³ /г			
Опарний	3,08	3,22	4,5
Безопарний	3,23	3,43	6,4
оцінка якості хліба, балів			
Опарний	80,8	85,5	6
Безопарний	78,4	87,3	11

кової сировини пов'язане з поліпшенням фізичних властивостей тіста і, поряд з тим, створенням сприятливих умов для життєдіяльності дріжджів за рахунок застосування води, підданої дії контактної нерівноважної плазми. При виробництві окремих видів хлібопекарської продукції (хліб білий, батони столові, булочки кунцевські) з використанням плазмохімічно активованої води замість магістральної води без додаткової обробки їх якість підвищується, зокрема, для хліба білого питомий об'єм і комплексна оцінка якості продукції зростає на 10–12 % (рис. 11).

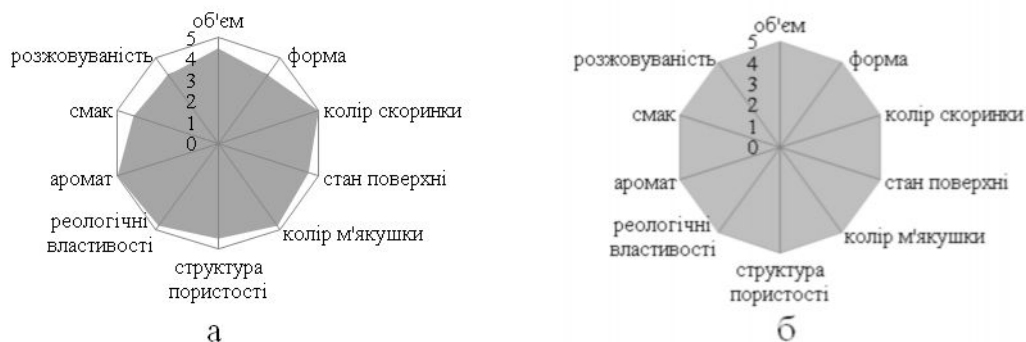


Рисунок 11 – Оцінка якості хліба білого, виготовленого з використанням магістральної води (а) і плазмохімічно активованої води (б)

Хлібобулочні вироби, виготовлені із застосуванням плазмохімічно активованої води, мають підвищену мікробіологічну стійкість. Визначено, що поява видимого міцелію плісневих грибів на поверхні хлібобулочних виробів затримується в 1,5–2 рази та уповільнюється розвиток картопляної хвороби хліба у порівнянні з виробами, виготовленими з використанням магістральної води. Дослідження мікробіологічних показників хлібопекарської продукції показали, що хліб, виготовлений за удосконаленою технологією, має знижений у 6,4–10 разів вміст мезофільно аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів та плісневих грибів у порівнянні з контролем, що забезпечується антисептичними властивостями плазмохімічно активованої води та зменшенням кількості в таких виробах вологи, доступної для життєдіяльності мікроорганізмів.

У шостому розділі «Техніко-економічне обґрунтування удосконаленої технології хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованої води» представлено дані щодо впровадження результатів досліджень у практику. Окремі розділи дисертаційної роботи були впроваджені в лекційні курси дисципліни «Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування», які викладаються для студентів денної та заочної форми навчання III–IV курсів ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».

Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва хліба білого з використанням плазмохімічно активованої води (рис. 12), за якою для підготовки води в технологічну схему включена установка для обробки води контактною нерівноважною плазмою.

Для виробництва хліба білого розроблена і затверджена технологічна інструкція. Запропонована технологія впроваджена в умовах підприємства ПП «Кронглевський В.І.» (сmt. Васильківка, Дніпропетровська область).

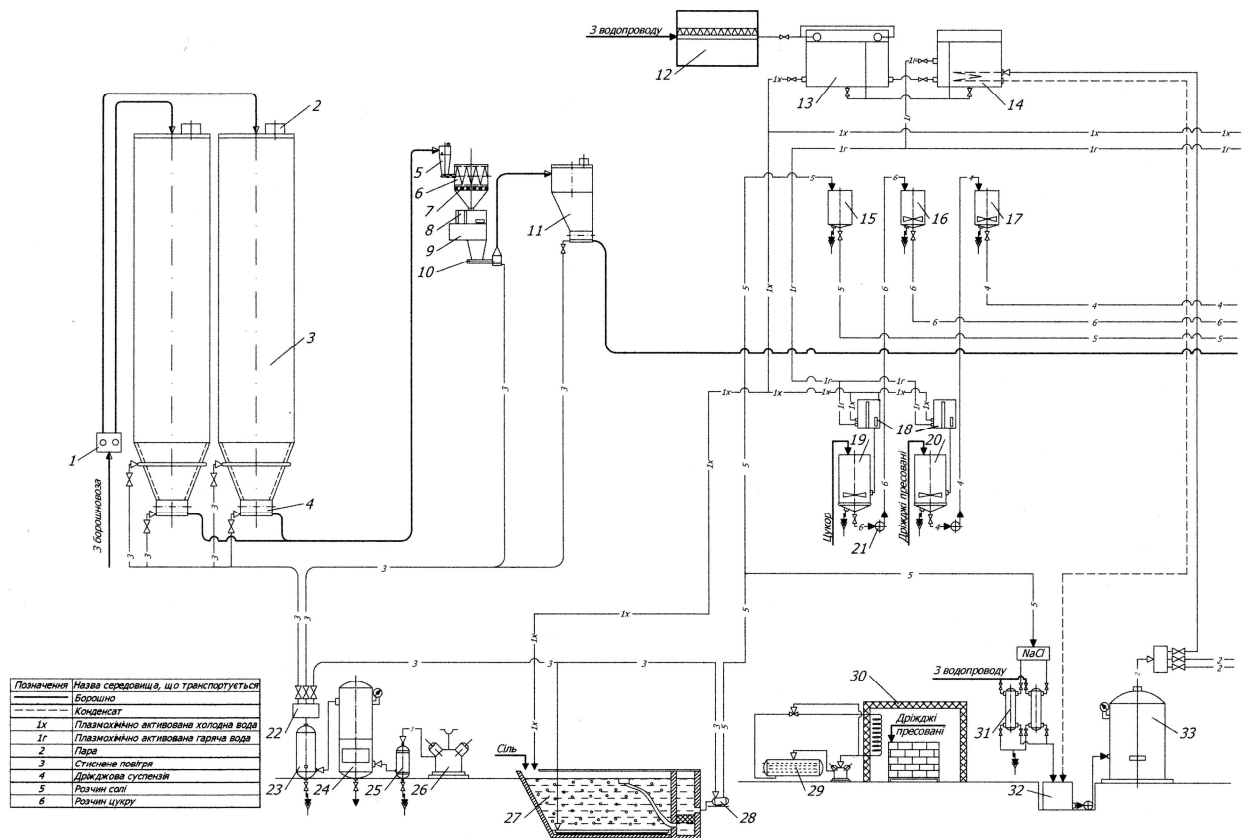


Рисунок 12 – Апаратурно-технологічна схема підготовки сировини до виробництва з використанням плазмохімічно активованої води:

1 – приймальний щиток; 2 – фільтр; 3 – силоси для зберігання борошна; 4 – живильник; 5 – фільтр-розвантажувач; 6 – просіювач; 7 – магнітний уловлювач; 8 – автоматичні порційні ваги; 9 – підваговий бункер; 10 – шнековий живильник; 11 – виробничий бункер; 12 – установка для обробки води контактною нерівноважною плазмою; 13 – бак для холодної води; 14 – бак для гарячої води; 15 – ємкість напірна для сольового розчину; 16 – ємкість напірна для цукрового розчину; 17 – ємкість напірна для дріжджової суспензії; 18 – бачок водомірно-змішуючий; 19 – цукророзчинник; 20 – ємкість для приготування дріжджової суспензії; 21 – відцентровий насос; 22 – розподільвальна гребінка; 23 – вологовідділювач; 24 – ресивер; 25 – масловідділювач; 26 – компресор; 27 – установка для зберігання сольового розчину; 28 – монжус; 29 – випарник; 30 – холодильна камера; 31 – натрійкатіонітовий фільтр; 32 – збірник для конденсату; 33 – паровий котел

Розрахунок економічних показників виробництва хліба білого за удосконаленою технологією показав, що ефект від її впровадження складає 29,42 грн. на 1 т продукції за рахунок зростання продуктивності праці та подовження терміну свіжості виробів. Визначено, що внаслідок поліпшення якості хлібопекарської продукції коефіцієнт її конкурентоздатності становить 1,26, що надає таким хлібобулочним виробам суттєвих переваг у реалізації на ринку.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що за рахунок використання плазмохімічно активованої води поліпшуються структурно-механічні властивості клейковини в межах 8–43 % та зростає її гідратаційна здатність до 5–17 %, газоутворювальна здатність збільшується на 10–30 % і до 20 % знижується показник числа падіння борошна.

2. Визначено, що застосування води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, позитивно позначається на технологічних властивостях дріжджів, підвищуючи їх бродильну активність у середньому на 15 % та знижуючи осмочутливість у межах 40–45 %.
3. Експериментально підтверджено, що за умови використання плазмохімічно активованої води дозрівання тіста скорочується до 20 % за рахунок прискорення біохімічних процесів у тісті. Встановлене покращення фізичних властивостей тіста, що полягає у зниженні розрідження на 15–30 %, підвищенні пружності тіста в середньому на 60 % та енергії деформації в межах 6–50 %.
4. Визначено, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, дозволяє підвищити вміст осмотично й адсорбційно зв'язаної вологи в тісті до 6 % у порівнянні з виробами, виготовленими за традиційною технологією, що на мікроструктурному рівні викликає формування розвинутої білкової матриці та набування крохмальних зерен.
5. Методом математично-статистичного моделювання визначені й експериментально підтверджені оптимальні для тістоприготування умови, як-от вологість тіста 43,5–44,3 % і концентрація пероксидних сполук у плазмохімічно активованій воді 324–342 мг/л, що забезпечують отримання хлібопекарської продукції високої якості.
6. Встановлена ефективність використання плазмохімічно активованої води для виробництва хліба із слабкого борошна, що надає змогу збільшити його питомий об'єм до 8 %, пористість до 5 % і підвищити формостійкість виробів у середньому на 20–35 %.
7. Доведена ефективність застосування води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, при різних способах приготування тіста із борошна з середніми хлібопекарськими властивостями. Встановлено, що з огляду на якість виробів оптимальним при безпарному тістоприготуванні є дозування дріжджів у кількості 2,5 % до маси борошна. Визначено, що внесення цукру або жиру в кількості від 1 до 15 % при використанні плазмохімічно активованої води сприяє підвищенню питомого об'єму виробів до 13 % та покращує їх комплексну оцінку якості до 18 % за рахунок поліпшення органолептичних властивостей продукції.
8. Встановлено, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, уповільнює черствіння виробів, що полягає в збільшенні вмісту зв'язаної вологи на 2–6 %, зниженні кришкватості м'якушки на 2–4 %, підвищенні її гідрофільної здатності на 11–14 % і поліпшенні структурно-механічних властивостей м'якушки під час зберігання на 12–22 % у порівнянні з контрольними зразками. Збереження свіжості виробів підтверджено мікроструктурними особливостями виробів.
9. Доведено, що за рахунок використання плазмохімічно активованої води підвищується мікробіологічна стійкість продукції. Експериментально підтверджено, що отримані вироби мають знижений вміст мезофільно аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів та плісневих грибів у 6,4–10 разів. Встановлене пригнічення розвитку картопляної хвороби хліба та визначено, що поява видимого міцелію плісневих грибів на поверхні хлібобулочних виробів затримується у 1,5–2 рази.

10. Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва хліба білого, до складу якої залучено установку для обробки води контактною нерівноважною плазмою, та затверджено технологічну інструкцію на виробництво продукції.
11. Удосконалена технологія хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованої води була апробована у виробничих умовах ПП «Кронглевський В.І» смт. Васильківка Дніпропетровської області. Економічний ефект від впровадження запропонованої технології становить 29,42 грн. на 1 т хліба білого при конкурентоздатності виробів на рівні 1,26.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Піоваров О.А. Дослідження початкової стадії взаємодії компонентів тіста на основі плазмохімічно активованих розчинів / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2010. – В. 38, Т. 1. – С. 273–278.
2. Миколенко С.Ю. Застосування плазмохімічно активованих розчинів для інтенсифікації процесу газоутворення в тістових напівфабрикатах / С.Ю. Миколенко, О.А. Піоваров // Вопросы химии и химической технологии. – 2010. – № 5. – С. 22–25.
3. Піоваров О.А. Зміна реологічних властивостей пшеничного тіста під впливом плазмохімічно активованих водних розчинів / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко, О.О. Шовгун // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 1 (14). – С. 53–56.
4. Піоваров О.А. Вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на стан клейковини в складі пшеничного тіста / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 1. – С. 38–42.
5. Піоваров О.А. Особливості безопарного приготування хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2011. – В. 27. – С. 140–146.
6. Піоваров О.А. Дериватографічні дослідження тіста, приготованого з використанням плазмохімічно активованих водних розчинів / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 3 (16). – С. 69–72.
7. Піоваров О.А. Мікроструктурні особливості тіста на основі розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко, Г.П. Тищенко // Харчова наука і технологія. – 2012. – № 1 (18). – С. 67–70.
8. Піоваров О.А. Дослідження біотехнологічних особливостей приготування тіста, приготованого з використанням розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко // Вісник Запорізького національного університету: Збірник наукових праць. Біологічні науки. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2012. – № 2. – С. 136–145.
9. Піоваров О.А. Математичне моделювання та оптимізація технологічних параметрів виробництва хліба з використанням плазмохімічно активованих розчинів / О.А. Піоваров, С.Ю. Миколенко, Г.П. Тищенко // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2012. – № 2. – С. 51–54.

10. Пат. 70230 Україна, МПК А 21 D 8/02 Спосіб приготування тіста для хлібобулочних виробів з використанням розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми / Півоваров О.А., Миколенко С.Ю., Тищенко Г.П.; заявники і патентовласники Півоваров О.А., Миколенко С.Ю., Тищенко Г.П. – № а 201105145; заявл. 22.04.2011; опубл. 11.06.2012, Бюл. № 11.
11. Півоваров О.А. Зміна біотехнологічних властивостей дріжджів за рахунок використання плазмохімічно активованих розчинів / О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 77 міжнар. наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 11–12 квітня 2011 р.: тези доп. – К., Національний університет харчових технологій, 2011. – Ч. 1. – С. 62.
12. Миколенко С.Ю. Дослідження впливу плазмохімічно активованих водних розчинів на білково-протеїназний комплекс борошна / С.Ю. Миколенко, А.О. Світла // Хімія та сучасні технології: V міжнар. наук.-техн. конф., 20–22 квітня 2011 р.: тези доп. – Дніпропетровськ, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», 2011. – Ч.1. – С. 482.
13. Півоваров О.А. Нові технологічні рішення щодо покращення процесу тістоприготування / О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко // Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку: VII міжнар. наук.-практ. конф., 7–9 вересня 2011 р.: тези доп. – Донецьк, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2011. – С. 80–81.
14. Остапчук А.М. Вплив плазмохімічно активованих водних розчинів на форми зв'язку вологи в тісті / А.М. Остапчук, С.Ю. Миколенко, О.А. Півоваров // Науково-технічна творчість студентів з процесів і обладнання харчових виробництв: III міжнар. наук.-практ. студентська конференція, 20–21 жовтня 2011 р. – Донецьк, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2011. – С. 152–153.
15. Півоваров О.А. Аналіз стану вологи в хлібі на основі плазмохімічно активованих водних розчинів / О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, Л.Ю. Мирошниченко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: 78 міжнар. наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 2–3 квітня 2012 р.: тези доп. – К., Національний університет харчових технологій, 2012. Ч. 1. – С. 85–86.
16. Півоваров О.А. Формування якісних параметрів тіста при використанні плазмохімічно активованих водних розчинів / О.А. Півоваров, Г.П. Тищенко, С.Ю. Миколенко, К.В. Власенко // Удосконалення процесів і обладнання – запорука інноваційного розвитку харчової промисловості: міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 10–11 квітня 2012 р.: тези доп. – К., Національний університет харчових технологій, 2012. – С. 108–110.
17. Півоваров О.А. Підвищення безпеки хлібобулочних виробів за рахунок використання плазмохімічно активованих водних розчинів / О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко // Проблеми гігієни та технології харчування. Сучасні тенденції і перспективи розвитку: міжнар. наук.-практ. конф., 19–20 квітня. 2012 р.: тези доп. – Донецьк, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2012. – С. 85–86.

18. Пивоваров О.А. Підготовка води в хлібопекарському виробництві з використанням контактної нерівноважної плазми / О.А. Пивоваров, С.Ю. Миколенко // Вода: проблемы и решения: X междунар. науч.-практ. конф., 20 сентября 2012 г.: тезисы докл. – Днепропетровск, Днепропетровский государственный аграрный университет, 2012. – С. 142–145.

19. Пивоваров А.А. Исследование микроструктуры хлеба, приготовленного с использованием плазмохимически активированных растворов / А.А. Пивоваров, С.Ю. Мыколенко // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, готельного, ресторанного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: міжнар. наук.-практ. конф., 18 жовтня 2012 р.: тези доп. – Харків, Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2012. – С. 78–79.

Особистий внесок здобувача: проведення літературного пошуку, підготовка об'єктів дослідження, проведення експериментів та опрацювання одержаних результатів [1–3]; підготовка об'єктів дослідження, опрацювання та узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків та підготовка матеріалів до публікації [4–9]; проведення патентного пошуку, аналіз і систематизація результатів експериментальних досліджень, підготовка заявки на корисну модель [10]; участь у проведенні експериментальних досліджень, опрацювання і узагальнення даних, підготовка матеріалів до публікації [11–19].

АНОТАЦІЯ

Миколенко С.Ю. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням плазмохімічно активованої води. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів. – Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Київ, 2012.

Дисертацію присвячено науковому обґрунтуванню і розробленню вдосконаленої технології хлібобулочних виробів з використанням води, підданої дії контактної нерівноважної плазми.

Встановлений суттєвий вплив плазмохімічно активованої води на процеси, зумовлені хлібопекарськими властивостями пшеничного борошна. Визначено, що використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, сприяє підвищенню бродильної активності та зниженню осмочутливості хлібопекарських пресованих дріжджів. Досліджено біохімічні процеси, що протікають під час бродіння напівфабрикатів, і доведено прискорення його дозрівання. Встановлене поліпшення структурно-механічних властивостей тіста. Визначені особливості зв'язку вологи в тістовому напівфабрикаті та вивчена мікроструктура тіста при використанні плазмохімічно активованої води. Визначені оптимальні параметри тістоприготування за удосконаленою технологією.

Показано підвищення якості хліба за рахунок залучення води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, при використанні борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями. Встановлено подовження термінів зберігання виробами сві-

жості та підвищення рівня їх мікробіологічної стійкості. Досліджено вплив окремих рецептурних компонентів і технологічних чинників на якість хлібобулочних виробів із борошна з середніми хлібопекарськими властивостями у випадку застосування води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, замість магістральної води.

За результатами досліджень розроблено і затверджено нормативну документацію на виробництво хліба білого з використанням плазмохімічно активованої води і проведено апробацію вдосконаленої технології у виробничих умовах.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, плазмохімічно активована вода, пшеничне борошно, хлібопекарські дріжджі.

АННОТАЦІЯ

Мыколенко С.Ю. Усовершенствование технологии хлебобулочных изделий с использованием плазмохимически активированной воды. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.01 – технология хлебопекарных продуктов, кондитерских изделий и пищевых концентратов. – Национальный университет пищевых технологий Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Киев, 2012.

Диссертация посвящена научному обоснованию и разработке усовершенствованной технологии хлебобулочных изделий с использованием воды, подвергнутой действию контактной неравновесной плазмы.

Установлено, что плазмохимически активированная вода за счет наличия пероксидных и надперекисных соединений укрепляет клейковину на 8–43 % в зависимости от силы муки и концентрации пероксидных соединений в обработанной воде. Показано влияние такой воды на состояние углеводно-амилазного комплекса пшеничной муки, в частности снижение показателя падения муки до 20 %, что обусловлено мелкокластерной структурой плазмохимически активированной воды. Определено, что использование воды, подвергнутой действию контактной неравновесной плазмы, способствует повышению бродильной активности хлебопекарных прессованных дрожжей на 15 % и снижению их осмочувствительности на 40–45 %.

Исследованы биотехнологические характеристики теста и показано ускорение процессов его созревания до 20 % за счет применения плазмохимически активированной воды. Установлено, что вода, подвергнутая действию контактной неравновесной плазмы, улучшает структурно-механические свойства теста, снижая его разжижение, повышая упругость и энергию деформации. Определены особенности связи влаги и показано увеличение количества связанной влаги до 6 % в тесте. Исследована микроструктура теста при использовании плазмохимически активированной воды. Определены оптимальные параметры приготовления теста безопарным способом, а именно влажность теста 43,5–44,3 % и концентрация пероксидных соединений в плазмохимически активированной воде 324–342 мг/л.

Показано повышение качества хлеба вследствие применения воды, подвергнутой действию контактной неравновесной плазмы, при использовании муки со сниженными хлебопекарными свойствами. Установлено продление сроков сохранения изделиями свежести. Экспериментально подтверждено, что использование плазмохимически активированной воды вместо магистральной воды задерживает

развитие картофельной болезни хлеба, а также появление видимого мицелия плесневых грибов на поверхности хлебобулочных изделий в 1,5–2 раза. Исследовано влияние рецептурных компонентов (дрожжей, сахара, жира) и технологических факторов на качество хлебобулочных изделий из муки со средними хлебопекарными свойствами, приготовленных с использованием воды, подвергнутой действию контактной неравновесной плазмы, и показано повышение их качества.

По результатам исследований разработана и утверждена нормативная документация на производство хлеба белого с использованием плазмохимически активированной воды и проведена апробация усовершенствованной технологии в производственных условиях.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, плазмохимически активированная вода, пшеничная мука, хлебопекарные дрожжи.

ANNOTATION

S. Yu. Mykolenko Improvement of bakery goods technology by using plasma-chemically activated water. – Manuscript copyright.

Thesis for the degree of Philosophy Doctor in specialty 05.18.01 – Technology of bakery products, confectionery and food concentrates. – National University of Food Technology of the Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine, Kyiv, 2012.

The thesis deals with the scientific rationale and development of bakery production technology by using water exposed to the action of non-equilibrium contact plasma.

It has been ascertained that plasma-chemically activated water has positive influence on the condition of protein-proteinase and carbohydrate-amylase complex of wheat flour. The improvement of fermentative activity of bakery yeast and reduction of its sensitivity to increased osmotic pressure in dough has been determined. Biotechnological characteristics of the dough have been investigated, and acceleration of the processes of its maturation has been shown. Improving of structural and mechanical properties of dough was found. Peculiarities of moisture bonding with the components of dough and microstructure of dough prepared with the use of plasma-chemically activated water have been investigated. Optimal parameters of bakery production according to the proposed technology were determined.

Improving quality of bread made of weak wheat flour as a result of using plasma-chemically activated water was demonstrated. It is shown that usage of plasma-chemically activated water instead of main water without further treatment increases microbiological stability of bakery products and retards bread staling. The influence of some technological factors and composition ingredients on the quality of bakery products made using water exposed to the action of non-equilibrium contact plasma has been investigated.

Following the results of investigations, the normative documents for bakery production with the use of plasma-chemically activated solutions have been drawn up and approved. The proposed technology has been tested in the production environment.

Keywords: bakery products, plasma-chemically activated water, wheat flour, bakery yeast.