

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ГАЛЯСНИЙ ІВАН ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 664.65:664.663 (043.3)

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗДРІЖДЖОВИХ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ
ХЛІБЦІВ НА ОСНОВІ СУМІШІ РИСОВОГО ТА
КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА**

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Гавриш Тетяна Володимирівна,
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,
завідувач кафедри технологій переробних і харчових виробництв

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН України
Дробот Віра Іванівна,
Національний університет харчових технологій,
професор кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів

кандидат технічних наук, доцент
Солоницька Ірина Валеріївна,
Одеська національна академія харчових технологій,
директор навчально-наукового технологічного інституту харчової промисловості ім. Ломоносова М. В.

Захист відбудеться «12» грудня 2019 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.088.03 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051, аудиторія 45.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий “11” листопада 2019 р.

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



Самохвалова О. В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В світі постійно зростає попит на безглютенові продукти харчування. Основний рушій попиту на подібні продукти – не тільки мода на безглютенове харчування, а й поширення специфічного захворювання – целиакії та низки інших глютензалежних розладів (алергія на глютен, непереносимість глютену тощо), виникнення яких викликає глютен. Число людей, які страждають на целиацію та несприйнятливості до глютену, в Україні складає щонайменше 400...500 тис. осіб. Ці люди буквально приречені на пожиттєве виключення з раціону важливих продуктів, багато з яких вживаються щоденно, а саме – всі хлібобулочні вироби, макаронні, кондитерські вироби з продуктів переробки зерна пшениці, жита та ячменю.

Асортимент безглютенових борошняних виробів на ринку України формується в основному за рахунок імпортованої продукції – сухих сумішей для випічки в домашніх умовах хліба, кексів або печива, а також готових до вживання безглютенових борошняних кондитерських виробів. Така продукція стає практично недоступною для українського споживача, бо має дуже високу вартість, зумовлену складною рецептурою з низкою добавок-поліпшувачів, логістичними витратами та інше.

Вітчизняне виробництво безглютенових хлібобулочних виробів стримується серйозним технологічним викликом – відсутністю клейковини, яка є ключовим фактором формування пористої структури хлібобулочних виробів.

Вирішенню проблеми вдосконалення технологій безглютенових хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів присвячено роботи вітчизняних та зарубіжних вчених: Дробот В. І., Дорохович А. М., Шаніної О. М., Дорохович В. В., Aguilar N., Coppa C., Arendt E. K., Moreira R., Gallagher E., Rosell C. M. та іншими. Для компенсації відсутньої клейковини вченими запропоновано залучати функціональні можливості додаткових рецептурних інгредієнтів та новітні технологічні підходи (використання гідроколоїдів, білкових добавок, ферментних препаратів, гідротермічної обробки, екструдювання та пророщування сировини, заквашування тіста тощо). В цілому, переважна більшість цих робіт присвячена актуальному, але складному питанню поліпшення структури безглютенового хліба протягом тривалого етапу бродіння.

На сьогодні перспективними виглядають короткотривалі способи немікробіологічного розпушення безглютенового тіста, а залучення в якості функціональних рецептурних компонентів – добавок білкової та полісахаридної природи, дозволить покращити реологічні властивості безглютенового хлібного тіста. Це дасть змогу підвищити ефективність тістоповедення шляхом суттєвого скорочення тривалості процесу та знизити втрати сухих речовин тіста під час бродіння.

В зв'язку з цим актуальним та своєчасним вирішенням наукової проблеми для вітчизняної та світової галузі є пошук нових технологічних рішень, а також розробка новітніх технологій бездріжджової безглютенової хлібопекарської продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до тематики науково-дослідних робіт Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка в межах держбюджетних тем № 0115U000583 «Використання безглютенової сировини та сучасних добавок утворювачів структури для створення харчових продуктів лікувальної дії», № 0117U003078 «Застосування високобілкової борошняної сировини в технології безглютенового хліба», а також госпдоговірної теми № 1/4-2017 «Розробка технології безглютенових бездріжджових та безглютенових парових хлібців» на базі підприємства ТОВ «НВП-Східна Україна», м. Харків.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка технології бездріжджових безглютенових хлібців (ББХ) на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна шляхом застосування карбоксиметилцелюлози натрієвої солі та концентрату тваринних білків, що дозволяють скоротити тривалість тістоведення, поліпшити структурно-механічні властивості тіста та якість випеченої продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

– систематизувати емпіричну базу даних щодо сучасних тенденцій в технології безглютенових хлібопекарських виробів, ефективності застосування сучасних рецептурних інгредієнтів та інноваційних технологічних заходів для обґрунтування технології безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції; проаналізувати теоретичні та практичні передумови для обґрунтування бездріжджового способу тістоведення;

– обґрунтувати склад безглютенової борошняної сировини, рідкої фази тіста, виду та концентрації поліпшувачів добавок для забезпечення високих органолептичних властивостей ББХ;

– дослідити формування піноподібної структури, реологічні та гідратаційні властивості бездріжджового безглютенового тіста;

– вивчити стан білково-протеїназного комплексу безглютенового борошняного тіста в присутності добавок білкової та полісахаридної природи;

– дослідити стан вуглеводно-амілазного комплексу безглютенового борошна;

– визначити вплив поліпшувачів добавок на поверхневі властивості водно-борошняних суспензій;

– обґрунтувати спосіб введення поліпшувачів добавок, режими тістоведення, їх вплив на якість ББХ під час виробництва та зберігання; провести оптимізацію технологічних режимів виробництва, визначити показники безпеки нової продукції, запровадити елементи НАССР та провести кваліметричну оцінку якості;

– розробити технологію та технологічні схеми виробництва ББХ із застосуванням карбоксиметилцелюлози натрієвої солі та концентрату тваринних білків, що дозволить збалансувати реологічні властивості пористого хлібного тіста.

– провести комплекс робіт по розробці нормативної документації, впровадженню нової технології та визначенню економічної ефективності виробництва безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції.

Об'єкт дослідження – технологія бездріжджових безглютенових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням в якості структуроутворювачів добавок білкової і полісахаридної природи.

Предмет дослідження: функціональні рецептурні компоненти – карбоксиметилцелюлози натрієва сіль марки СМС 6500 (Na КМЦ) та концентрати тваринного білка Геліос-11 або Сканпро Т95 (КТБ); органолептичні та фізико-хімічні, структурно-механічні властивості тіста та готових виробів; процеси, що відбуваються під час утворення тіста; показники якості, харчової цінності.

Методи дослідження: аналітичні, фізичні, фізико-хімічні, органолептичні та біохімічні методи визначення якості напівфабрикатів і готових виробів; математичні методи планування експерименту та обробки експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

– теоретично та експериментально обґрунтовано технологію ББХ, яка відрізняється застосуванням механічного та комбінованого (механічно-хімічного) способу розпушення хлібного тіста за рахунок використання добавок білкової та полісахаридної природи в якості структуроутворювачів для підвищення якості ББХ. Науково обґрунтовано їх позитивний вплив на основні складові безглютенового борошна та тіста;

– доведено можливість використання механічного та комбінованого (механічно-хімічного) збивання для утворення пінної структури, застосування добавок Na КМЦ та КТБ для поліпшення процесів утворення та стабілізації піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста на основі рисово-кукурудзяної суміші у співвідношенні (70...50):(30...50) відповідно. Рекомендовано додавання Na КМЦ у вигляді 0,5 %-вого водного розчину разом з КТБ в кількості 0,5...1,0 % до маси борошняної сировини;

– встановлено закономірності формування пінної структури тіста зі збільшеною часткою дрібних пор – майже в чотири рази зменшується кількість великих та суттєво зростає кількість дрібних пор, що пов'язано із зростанням вмісту зв'язаної вологи, поліпшенням збалансованості структурно-механічних властивостей тіста. Вказаний вплив зумовлений здатністю добавок покращувати піноутворювальну здатність та стійкість піни до руйнування.

– доведено, що в тісті з борошна рисового, кукурудзяного та їх суміші відбуваються міжмолекулярні взаємодії між макромолекулами різних видів борошна. Як наслідок, в тісті з борошняної суміші збільшується частка фракцій з молекулярною масою близько 20, 50, 80 та 280 kDa; зменшується частка фракцій з молекулярною масою 25..29 kDa з одночасним зростанням вмісту більш високомолекулярних фракцій, розчинних у спирті та лузі.

– встановлено, що можливі міжмолекулярні білок-білкові взаємодії відбуваються з утворенням паралельного упакування поліамідних ланцюгів різних молекулярних конформацій (α -спіралей і β -форм); внаслідок активних

міжмолекулярних взаємодій частина негативно заряджених ділянок, здатних зв'язувати позитивно заряджені іони, блокується;

– доведено, що поверхневий натяг водно-борошняних суспензій з рисово-кукурудзяної суміші зростає внаслідок міжмолекулярної взаємодії між водорозчинними білками безглютенового борошна; наявність добавок Na КМЦ та КТБ у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші помітно знижує показник формостійкості краплі, що пов'язано зі зменшенням її поверхневого натягу.

Набули подальшого розвитку наукові уявлення щодо закономірності зміни властивостей бездріжджового безглютенового тіста з борошняних сумішей при застосуванні добавок полісахаридної та білкової природи; дані щодо формування ББХ на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна під час виробництва та зберігання продукції.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологію ББХ.

Розроблено та затверджено нормативну документацію на готову продукцію: рецептури ББХ («Глютенофф», «Маковій», «Борщовий»), технологічні інструкції ТІ 38159665–145:2017 з виробництва бездріжджових безглютенових хлібців та проект ТУ.

Реалізація роботи. За результатами дослідження здійснено впровадження розроблених технологій на ТОВ «Чарівна мозаїка» (акт від 02.10.2017), ТОВ «НВП-Східна Україна» (акт від 30.11.2017).

Новизну технічних рішень підтверджено 3 патентами на корисну модель.

Результати дисертаційної роботи використано в навчальному процесі кафедри технологій переробних і харчових виробництв ХНТУСГ імені Петра Василенка та кафедри інноваційних харчових і ресторанних технологій ХТЕІ КНТЕУ під час викладання дисциплін «Технологія хліба, макаронних, кондитерських виробів та харчоконцентратів» (акт від 04.03.2019), «Оздоровче харчування», «Наукове моделювання» (акт від 04.02.2019).

Особистий внесок здобувача полягає в: аналізі стану проблеми, розробці програми досліджень, узагальненні аналітичних та проведенні експериментальних робіт, аналізі та обробці отриманих даних, організації заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробництво та навчальний процес.

Аналіз та узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків, підготовку матеріалів до публікації, складання заявок на корисні моделі, розробку нормативної та технологічної документації проведені спільно з науковим керівником, к.т.н., доц. Гавриш Т. В.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень доповідались та обговорювались на наступних Міжнародних і Всеукраїнських конференціях: «Інжиніринг, навколишнє середовище та матеріали в переробній промисловості» (м. Яхорина, Боснія і Герцеговина, 2015 р.); «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і

харчових виробництв» (м. Харків, 2017 р.); «Актуальні проблеми розвитку торгівлі, готельно-ресторанного та туристичного бізнесу» (м. Харків, 2017 р.); «Майбутній науковець – 2017» (м. Северодонецьк, 2017 р.); «Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття» (м. Хмельницький, 2017 р.); «Наука у сучасному світі» (м. Київ, 2017 р.); «Економіка, фінанси, облік та управління: оцінка та перспективи розвитку в Україні та світі» (м. Полтава, 2017 р.).

Розроблена продукція демонструвалася та отримала позитивну оцінку фахівців галузі на 9 виставках наукових розробок (2015-2017 рр.).

Публікації. Основні результати роботи викладено у 17 наукових працях, у тому числі: 6 статтях у затверджених наукових фахових виданнях України (серед них 4 – у виданнях, що включено до міжнародних наукометричних баз), 1 статті у закордонному виданні (Польща), 2 статтях у виданнях України, що включено до міжнародних наукометричних баз, 3 патентах України на корисну модель, 5 тезах доповідей та матеріалів конференцій.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел літератури, що включає 214 найменувань, у тому числі 158 іноземних, 28 додатків. Повний обсяг дисертації складає 148 сторінок основного тексту, містить 36 таблиць та 56 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету і завдання досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення роботи.

У **першому розділі** «Сучасні тенденції в технології безглютенових хлібопекарських виробів» розглянуті теоретичні та практичні передумови розробки технології безглютенового бездріжджового хліба. Проаналізовано актуальні проблеми виробництва безглютенових продуктів. Наведені базові рецептурні компоненти та технологічні підходи у виробництві безглютенового хліба. На основі аналізу ефективності застосування сучасних рецептурних інгредієнтів та інноваційних технологічних заходів обґрунтовано доцільність заміни тривалого мікробіологічного способу розпушення тіста на користь механічного та комбінованого (механічно-хімічного) з використанням функціональних рецептурних компонентів білкової та полісахаридної природи, що дозволить збалансувати реологічні властивості пористого хлібного тіста.

У **другому розділі** «Характеристика сировини і методологія експериментальних досліджень» наведено характеристику сировини та методів дослідження, представлено блок-схему комплексних досліджень (рис. 1).

Дослідження здійснювали з використанням загальноприйнятих і спеціальних методів. Дослідження ІЧ-спектрів здійснювали за допомогою ІЧ-спектрометру UR-20 (Німеччина) в інтервалі коливань від 400 см^{-1} до 4000 см^{-1} . Кількість зв'язаних іонів 1 %-вої водно-борошняної суспензії визначали методом потенціометричного титрування. Процес клейстеризації крохмалю в

борошняних сумішах визначали на приладі FallingNumber. Для дослідження поверхневих явищ у водно-борошняних суспензіях на межі розділу фаз застосували метод лежачої краплі. Піноутворюючу здатність і стійкість піни визначали методом Лур'є. Визначення загального і білкового азоту проводили мікрометодом К'ельдаля. Для розділення білків різних фракцій за молекулярною масою здійснювали в SDS-ПААГ в системі Лемлі.

Вологоутримувальну здатність тіста визначали ваговим методом на вагах-вологомірі ADGS 50 (Польща). Реологічні характеристики тіста вивчали за допомогою напівавтоматизованого текстурометру.

Комплексну оцінку якості проводили за допомогою методів кваліметрії. Переведення абсолютних показників якості у відносні здійснювали з використанням кривої бажаності Харінгтона. Вірогідність отриманих результатів оцінювали методами математичної статистики. Економічну ефективність визначали за діючими в галузі методиками.

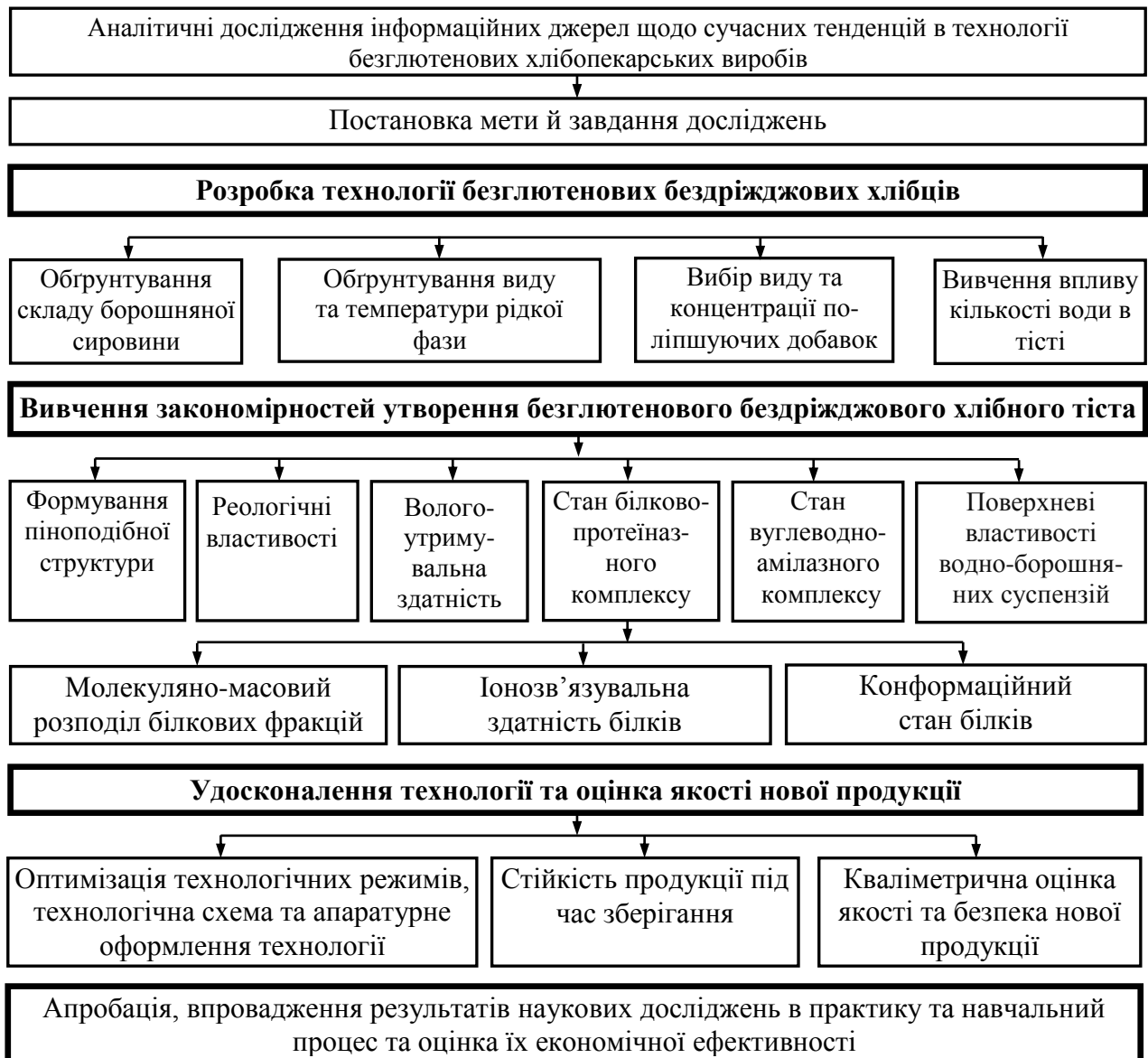


Рис. 1. Програма проведення теоретичних та експериментальних робіт

У третьому розділі «Розробка технології бездріжджових безглютенових хлібців» обґрунтовано склад борошняної сировини, вид рідкої фази тіста та її температуру під час тістоведення, вивчено вплив кількості води в тісті, обґрунтовано вид і концентрацію добавок Na КМЦ та КТБ в якості регуляторів структури бездріжджового безглютенового тіста та готових виробів. Досліджено безглютенову борошняну сировину: рисове, кукурудзяне, гречане, соргове, просяне, вівсяне борошно.

Пошук технологічних рішень здійснено із застосуванням інструментів системного аналізу (рис. 2).



Рис. 2. Алгоритм вирішення конкретної системної задачі регулювання структурно-механічних властивостей безглютенового бездріжджового тіста

Встановлено, що використання різних видів борошна суттєво впливає на колір, стан поверхні та м'якушки хлібців. Зміну кольору м'якушки хлібців, а також смакові та ароматичні відмінності вважаємо позитивним проявом специфічних властивостей борошняної сировини (за виключенням вівсяного борошна), що урізноманітнює асортимент готової продукції. Проте, пористість хлібців за використання гречаного, вівсяного, просяного та соргового борошна коливалась в межах 35...57 %. Найкращі показники якості хлібців отримано при застосуванні рисового та кукурудзяного борошна та їх суміші. За

результатами спробних лабораторних випікань рекомендовано рисово-кукурудзяну суміш у співвідношенні 50...70 / 50...30 % відповідно (табл. 1).

Для дослідження впливу рідкої фази тіста на якість готової продукції вивчено наступні види сировини: кефір із вмістом жиру 1,0 %, нормалізоване молоко із вмістом жиру 2,5 %, молочна сироватка, вода питна (табл. 2).

Застосування кефіру в якості рідкої фази тіста рекомендовано за температури 25...30 °С, для інших видів сировини (молоко, сироватка, вода) – за температури 35...40 °С.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники бездріжджових безглютенових хлібців на основі борошняної суміші

(n=5, p≤0,05)

Показники	Співвідношення борошна рисового до кукурудзяного у складі суміші, у %				
	10/90	30/70	50/50	70/30	90/10
Вологість виробу, %	59	60	59	60	61
Пористість м'якушки, %	57	58	60	61	59
Питомий об'єм, см ³ /100 г	228	249	250	250	248
Товщина скоринки, мм	1,5	1,3	1,2	1	1
Упік, %	13	14	15	15	17
Усушка, %	2	3	2	2	2

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники бездріжджових безглютенових хлібців з використанням різної рідкої фази тіста

(n=5, p≤0,05)

Показник	Вид рідкої фази тіста			
	кефір	молоко	сироватка	вода
Вологість виробу, %	59	57	56	57
Пористість м'якушки, %	61	56	53	51
Питомий об'єм, см ³ /100 г	250	210	200	176
Товщина скоринки, мм	1	1,5	1,5	1,7
Упік, %	13,9	16,8	17,3	16,1
Усушка, %	1	2	3	2,2

В якості поліпшувачів структури ББХ обрано добавки полісахаридної (Na КМЦ) та білкової (КТБ) природи.

Додавання Na КМЦ в концентрації 0,5 % призводить до збільшення питомого об'єму хліба на 10...15 %. Сумісне застосування Na КМЦ та двовуглекислого натрію (харчової соди) є недоречним, бо відбувається надмірне розпушення структури м'якушки та послаблення її каркасу. Додавання Na КМЦ разом з КТБ в кількості 0,5...1,0 % до маси борошна сприяє подальшому поліпшенню питомого об'єму хлібців – до 300...310 см³/100 г або на 50...55 %. Збільшення кількості Na КМЦ (0,7 % та вище) або КТБ (1,5 % та вище) призводять до погіршення структурно-механічних властивостей м'якушки, а також є недоцільними з економічної точки зору. При сумісному застосуванні Na КМЦ та КТБ рецептурна кількість води (в якості рідкої фази) складає 125 % до маси борошна. Подальше підвищення вологості тіста рекомендувати не можна, оскільки погіршується зовнішній вигляд виробів.

У четвертому розділі «Вивчення закономірностей утворення бездріжджового безглютенового хлібного тіста» вивчено піноподібну структуру бездріжджового безглютенового тіста та його реологічну поведінку в умовах деформації; водоутримувальну здатність безглютенового борошна в присутності добавок; стан білково-протеїнажного комплексу безглютенового борошняного тіста; конформаційний стан білків борошняної сировини за умов додавання добавок; іонозв'язувальну здатність білків; стан вуглеводно-амілазного комплексу безглютенового борошна; поверхневі властивості водно-борошняних суспензій у присутності добавок.

Доведено, що добавки (0,5 % Na КМЦ та 0,5...1,0 % КТБ) підвищують показник стійкості піни яєчного білка до 100 %. Показник піноутворювальної здатності білка змінюється екстремально – зростає на 10...15 % за додавання КТБ в кількості до 1,0 % з подальшим зниженням до значень контролю за умов збільшення кількості КТБ або сумісного введення Na КМЦ та КТБ. Це пояснюється надмірним загущенням маси для збивання внаслідок вираженої водозв'язувальної здатності добавок.

В присутності поліпшувачів піноподібна структура тіста покращується – суттєво зростає кількість дрібних пор розміром 0,1...0,5 мм (у п'ять та більше разів) та зменшується кількість великих пор розміром 0,7...1,5 мм (майже в чотири рази).

Дослідженнями реологічних властивостей безглютенового тіста з безглютенової борошняної сировини експериментально встановлено, що введення Na КМЦ призводить до поліпшення збалансованості структурно-механічних властивостей борошняного тіста. Додавання Na КМЦ до борошна рисового незначно знижує піддатливість системи та пружно-еластичні властивості. Піддатливість тіста з борошна кукурудзяного зростає, модуль еластичності зменшується. В тісті з рисово-кукурудзяної суміші вказані для різних видів борошна тенденції усереднюються. Вважаємо, що встановлені зміни пов'язані з різною гідратаційною здатністю рослинних білків різного походження. Додавання КТБ у кількості не більше, ніж 1,0 % знижує загальну деформацію, в присутності Na КМЦ – більшою мірою (табл. 3). Більша кількість доданого білка через високу водопоглинальну здатність тіста призводить до часткової втрати тістом пластичності, оскільки утворюється підвищена кількість крихти.

Таблиця 3

Вплив білкових добавок у присутності карбоксиметилцелюлози натрієвої солі на реологічні показники тіста на основі суміші ($B_{рис}/B_{кук} = 70/30$)
(n=5, p≤0,05)

Вид і кількість добавки	Піддатливість, $\times 10^{-3}$, Па ⁻¹	Модуль еластичності, $\times 10^{-3}$, Па	Модуль миттєвої пружності, $\times 10^{-3}$, Па
1,5 % Сканпро Т95	1,91	1,02	4,09
1,5 % Сканпро Т95, 0,5% Na КМЦ	3,70	3,63	2,73
1,0 % Геліос-11	2,92	2,52	4,67
1,0 % Геліос-11, 0,5% Na КМЦ	2,05	1,17	7,27

Встановлено, що вид безглютенового борошна суттєво не впливає на характер процесу видалення вологи з тіста (рис. 3). Залежності мають експоненціальний характер. Загальна кількість видаленої вологи зі зразків з Na КМЦ є нижчою, що підтверджує статус цієї добавки як водозв'язуючого та водоутримуючого агента. В присутності білкових добавок експоненціальний характер кривих змінюється, наближаючись до лінійного; початкова швидкість видалення вологи гальмується, загальна кількість видаленої вологи зменшується – більшою мірою за додавання Сканпро Т95 та Na КМЦ сумісно. Також в присутності добавок зростає частка зв'язаної вологи (табл. 4). У разі застосування Геліос-11 виявлено подібні залежності.

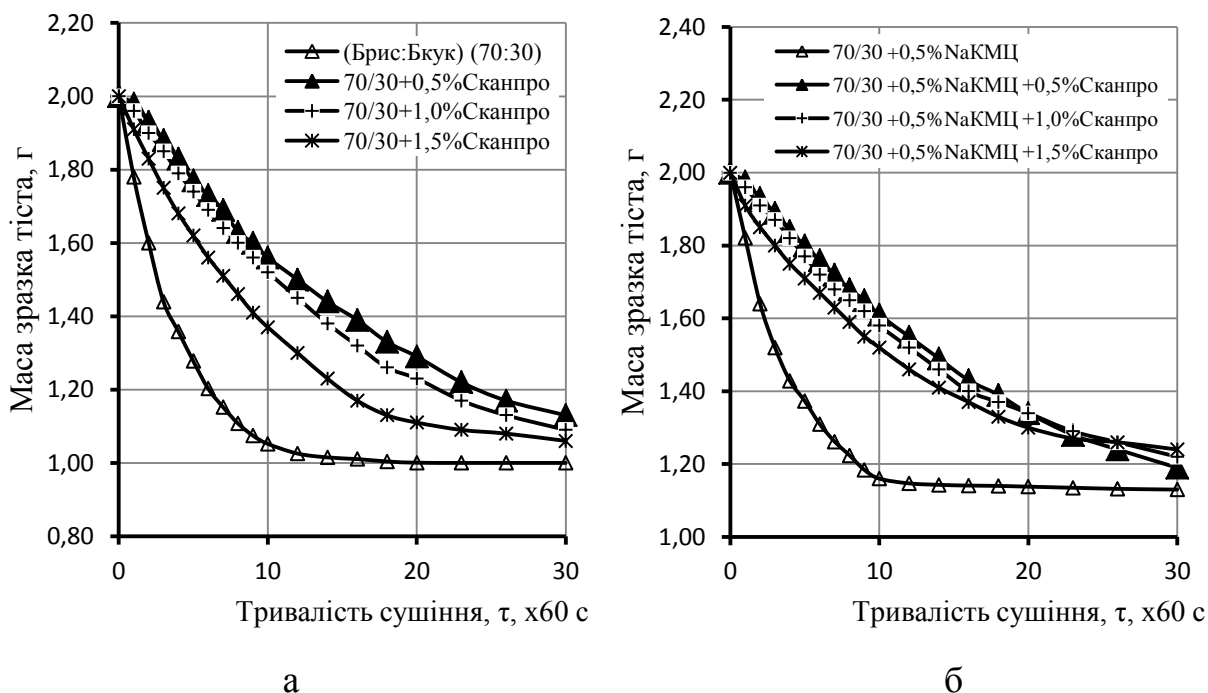


Рис. 3. Зміни маси протягом сушіння тіста з борошняної суміші ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) з додаванням різної кількості Геліос-11 (а) або Сканпро Т95 (б) в присутності 0,5%-вого водного розчину карбоксиметилцелюлози натрієвої солі.

Таблиця 4

Загальна кількість видаленої вологи з безглютенового бездріжджового тіста на основі суміші ($B_{\text{рис}}/B_{\text{кук}} = 70/30$) з додаванням карбоксиметилцелюлози натрієвої солі

(n=5, p≤0,05)

Вид і кількість білкової добавки	Кількість видаленої з тіста вологи, г,					
	загалом	вільної	зв'язаної	загалом	вільної	зв'язаної
	за використання в якості рідкої фази тіста					
	води			0,5%-вого розчину Na КМЦ		
Без добавок	1,0	0,95	0,05	0,86	0,84	0,02
0,5 % Сканпро Т95	0,71	0,44	0,27	0,66	0,39	0,27
1,0 % Сканпро Т95	0,77	0,48	0,29	0,66	0,42	0,24
1,5 % СканпроТ95	0,89	0,63	0,26	0,70	0,48	0,22

Аналіз диференційних кривих молекулярно-масового розподілу в тісті на воді з борошна рисового, борошна кукурудзяного та їх суміші показав, що відбуваються міжмолекулярні білкові взаємодії.

Як наслідок, у тісті з борошняної суміші порівняно з окремими видами борошна збільшується частка фракцій з молекулярною масою, близько 20, 50, 80 та 280 kDa; зменшується частка фракцій з молекулярною масою 25...29 kDa. За умов використання в якості рідкої фази тіста кефіру виявлено зростання інтенсивності піків в інтервалі 20-25 kDa, а також зростання інтенсивності та зміщення максимуму піка в бік більших молекулярних мас – від 296...303 до 314 kDa, що вказує на взаємодії білків рослинного та тваринного походження. Одночасно суттєво зменшується вміст водорозчинної фракції та зростає вміст більш високомолекулярних фракцій, що вказує на взаємодію між білковими макромолекулами з низькою молекулярною масою з утворенням високомолекулярної фракції. Це пояснює збалансування хлібопекарських властивостей безглютенової борошняної сировини у вигляді суміші дослідженого складу збільшенням частки фракції, подібної високомолекулярним глютенінам пшениці.

Аналіз інфрачервоних спектрів зразків тіста показав, що в присутності Na КМЦ у складі тіста при майже незмінному деформаційному коливанні збуджуються коливання моди V_1 , тобто рух ядер вздовж напрямку O-H зв'язків (мода валентних коливань розтягування). Це можна пояснити збільшенням в присутності Na КМЦ кількості гідроксильних груп, які беруть участь в утворенні додаткових водневих зв'язків у тісті. Спектральні характеристики смуг Амід I усіх зразків тіста вказують на існування різних молекулярних форм білків (α -спіралей і β -форм). У зразків тіста з борошняної суміші спостерігається розщеплення смуги Амід II на два компоненти (з'являються піки 1542 см^{-1} та 1544 см^{-1}), найбільшою мірою – в присутності КТБ. Це вказує на міжмолекулярні білок-білкові взаємодії з утворенням паралельного упакування поліамідних ланцюгів.

Із застосуванням титриметричного аналізу доведено, що в суспензії з рисово-кукурудзяної борошняної суміші у воді з додаванням кефіру різко зростає кількість зв'язаних гідроксильних іонів в інтервалі значень рН 6...9. Припускаємо, що таким чином відбуваються активні міжмолекулярні взаємодії, внаслідок яких частина негативно заряджених ділянок, здатних зв'язувати позитивно заряджені іони, блокується.

У водно-борошняній суспензії в присутності КТБ (рис. 4) при титруванні кислотою система зв'язує менше позитивно заряджених іонів, ніж прогнозована їх кількість. Вважаємо, що в кислому середовищі у зв'язуванні іонів H^+ бере участь менша кількість аміногруп білкових макромолекул з додатковим негативним зарядом. Джерелом аміногруп, здатних до активного протонування,

є амінокислоти, наявні у Сканпро Т95 – аспарагін (6,5 %/100 г білка) або глютамін (10,0 %/100 г білка).

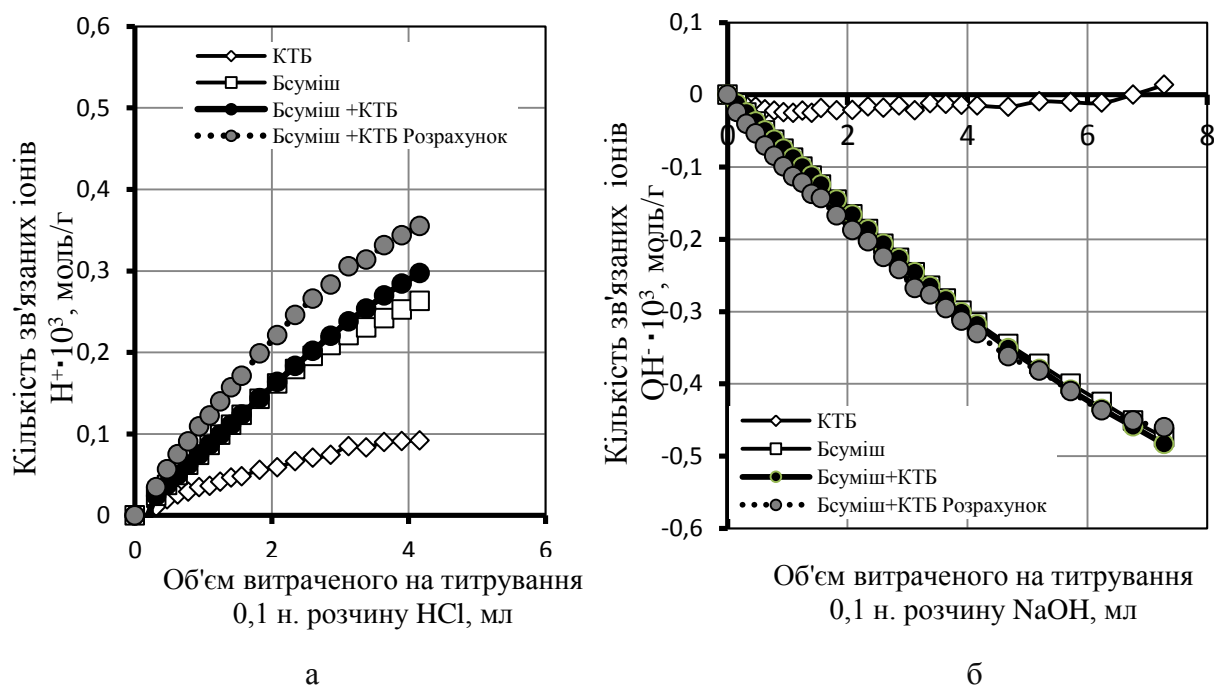


Рис. 4. Кількість зв'язаних іонів водню у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ в присутності КТБ (Сканпро Т95) при титруванні кислотою (а) та гідроксильних іонів при титруванні лугом (б).

Інфрачервоноспектроскопічний та титриметричний аналіз зразків з додаванням Геліос-11 підтвердив вищевказані тенденції.

Встановлено зростання показника «число падіння» у зразках з різної борошняної сировини в присутності Na КМЦ, найбільшою мірою – у зразка на основі борошняної суміші. Додавання Сканпро Т95 сумісно з Na КМЦ призводить до майже двократного зменшення цього показника. Це пояснюється конкурентним поглинанням води білковими і полісахаридними речовинами.

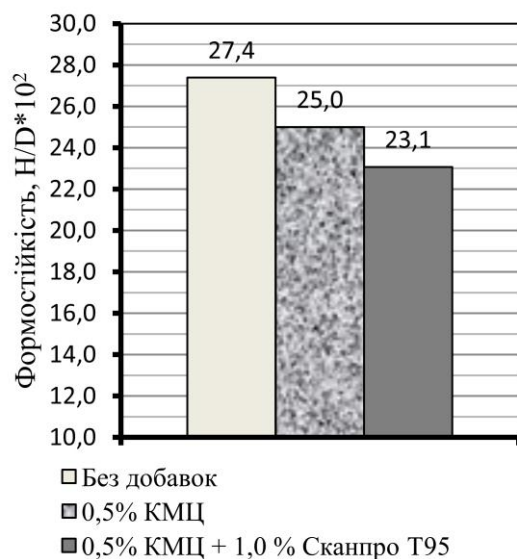


Рис. 5. Формостійкість крапель водно-борошняної суспензії на основі борошняної суміші $B_{рис}/B_{кук} = 70/30$ з добавками

Поверхневий натяг водно-борошняної суспензії з борошняної суміші зростає, що є наслідком міжмолекулярної взаємодії між водорозчинними білками борошна рисового та кукурудзяного. Наявність Na КМЦ та КТБ у водно-борошняній суспензії з борошняної суміші знижує показник формостійкості краплі, що пов'язано зі зменшенням показника її поверхневого натягу (рис. 5).

У п'ятому розділі «Удосконалення технології та оцінка якості бездріжджових безглютенових виробів» представлено результати оптимізації режимів тістоведення та випікання, технологічні схеми виробництва ББХ та апаратурне оформлення технології; розроблено рецептури, технологічні режими та показники якості нової продукції; визначена стійкість ББХ до черствіння під час зберігання та кваліметрична оцінка якості; доведена економічна ефективність впровадження, практичне та соціальне значення наукової розробки.

Оптимальними параметрами приготування ББХ є такі: на кефірі – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з кефіром – 40...60 с; вологість тіста – 64...64,5 %; температура випікання – 180...185 °С; на розчині Na КМЦ зі Сканпро Т95 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з Na КМЦ та Сканпро Т95 – 90...100 с; вологість тіста – 63...63,5 %; температура випікання – 175...180 °С.

На підставі результатів проведених досліджень розроблено технологічні (рис. 6, 7) та апаратурно-технологічну схеми однофазного способу виробництва ББХ, рецептури нових безглютенових хлібобулочних виробів (хлібець «Глютенофф», хлібець «Василенківський», хлібець «Борщовий», хлібець «Маковій»), визначено їх фізико-хімічні показники, харчову та енергетичну цінність.

На відміну від традиційного способу виробництва хліба розроблена технологія відрізняється тим, що передбачено етап підготовки структуроутворюючих добавок (приготування розчину Na КМЦ, підготовка порошку білкової добавки), а також виключення етапу підготовки дріжджів, бродіння (опари, тіста) та розстоювання, що дозволяє скоротити тривалість тістоведення, покращити структурно-механічні властивості бездріжджового безглютенового тіста та якість випеченої продукції.

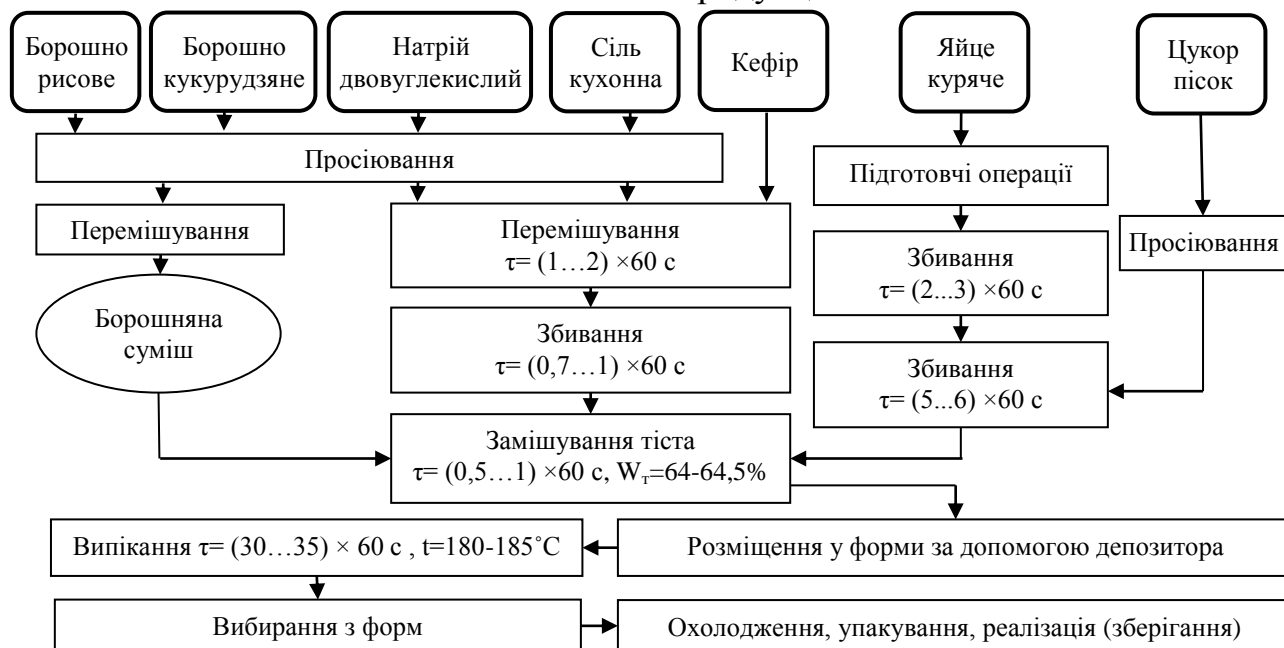


Рис. 6. Технологічна схема виробництва бездріжджових безглютенових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням кефіру в якості рідкої фази тіста (комбінований спосіб розпушення тіста).

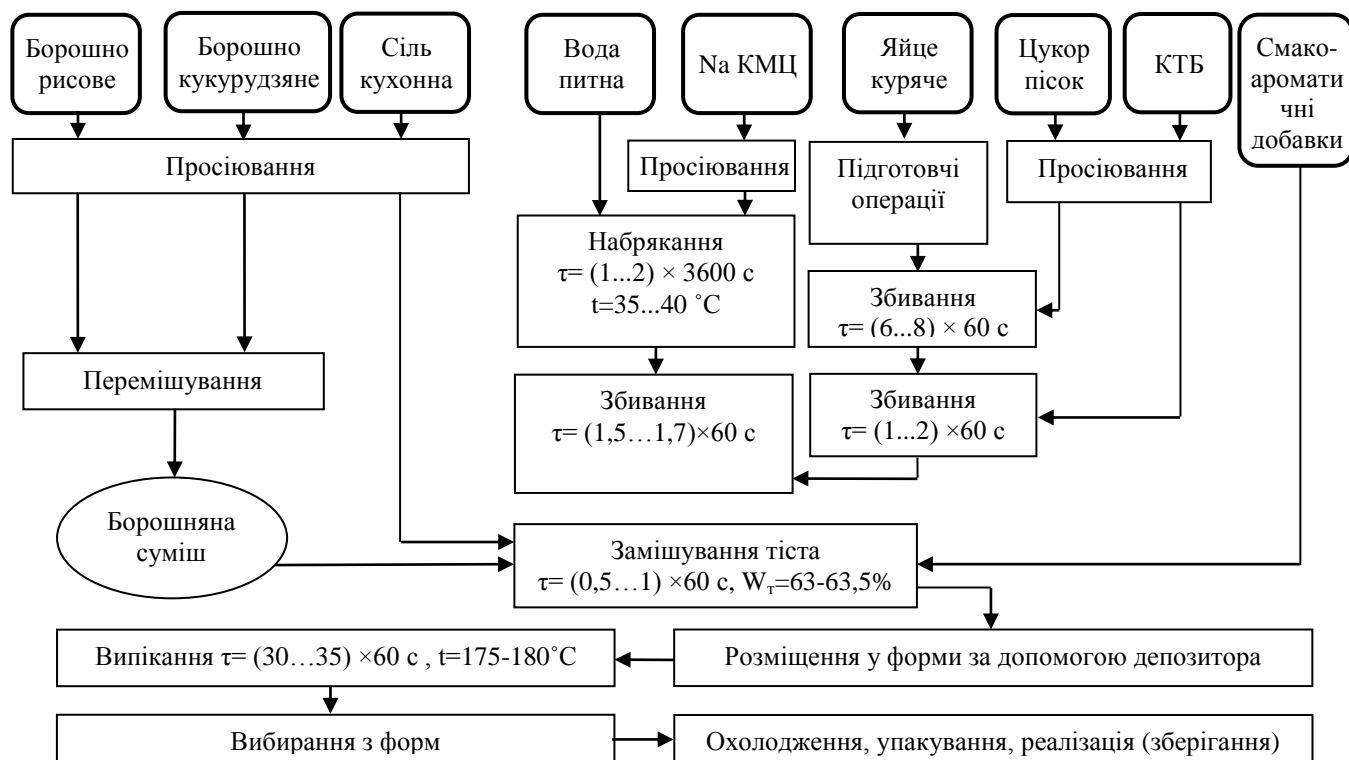


Рис. 7. Технологічна схема виробництва безглютенових бездріжджових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням 0,5 % розчину карбоксиметилцелюлози натрієвої солі в якості рідкої фази тіста сумісно з білковою добавкою Геліос-11 або Сканпро Т95 (механічний спосіб розпушення тіста).

Під час дослідження втрати вологи та стискаємості м'якушки ББХ при зберіганні встановлено рекомендований термін зберігання хлібців – 24 год, що пов'язано з більш високою вологістю безглютенових виробів, порівняно з традиційним пшеничним хлібом. Ідентифіковано небезпечні чинники в технології нових виробів, визначено критичні точки контролю та їх граничні значення. Комплексний показник якості складає: хлібець «ГлютенOFF» – 0,74, хлібець «Василенківський» – 0,64, хлібець «Борщовий» – 0,75, хлібець «Маковій» – 0,65, хлібець з рисового борошна – 0,58.

Економічний ефект від впровадження результатів роботи складає 23,6-40,2 тис. грн. на 1 т готової продукції залежно від рецептури.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасної наукової інформації щодо розвитку технологій безглютенових хлібопекарських продуктів у світі та в Україні вказує на перспективність застосування бездріжджового способу тістотворення та обмеженість експериментальних досліджень у цьому напрямку. Із застосуванням інструментів системного аналізу знайдено нове рішення бездріжджового способу тістотворення. Обґрунтовано доцільність використання механічного та комбінованого (механічно-хімічного) збивання для утворення пінної структури тіста, білків тваринного походження для поліпшення процесів

утворення та стабілізації піни, а також добавок-гідроколоїдів для підвищення стійкості піноподібної структури тіста.

2. Основою рецептури тіста для ББХ рекомендовано рисово-кукурудзяну борошняну суміш у співвідношенні (70...50):(30...50), в якості рідкої фази тіста – кефір із вмістом жиру 1,0 % та 0,5 %-вий водний розчин Na КМЦ сумісно з білковою добавкою Геліос-11 або Сканпро Т95 у кількості 0,5...1,0 % до маси борошна.

3. Встановлено, що запропоновані добавки зумовлюють підвищення стійкості піни, зменшенню (майже в 4 рази) кількості великих пор (0,7...1,5 мм) з одночасним зростанням кількості дрібних пор (0,1...0,5 мм). Поліпшення збалансованості структурно-механічних властивостей борошняного тіста (еластичності, пружності, податливості) пов'язано зі зростанням частки зв'язаної вологи в присутності добавок.

4. Доведено можливі міжмолекулярні білкові взаємодії в тісті, внаслідок яких збільшується частка фракцій з молекулярною масою близько 20, 50, 80 та 280 kDa, зменшується близько 25...29 kDa. У присутності кефіру, який є джерелом добре гідратованих молочних білків виявлено зростання інтенсивності та зміщення максимуму піка в бік більших молекулярних мас – від 296...303 до 314 kDa. За наявності Na КМЦ при майже незмінному деформаційному коливанні збуджуються коливання моди V1, тобто рух ядер вздовж напрямку O-H зв'язків (мода валентних коливань розтягування), що пояснюється збільшенням в присутності Na КМЦ кількості гідроксильних груп, які беруть участь в утворенні додаткових водневих зв'язків у тісті. Міжмолекулярні білок-білкові взаємодії відбуваються з утворенням паралельного упакування поліамідних ланцюгів різних молекулярних форм (α -спіралей і β -форм).

5. Встановлено стрімке зростання показника «Число падіння» у зразків з різної борошняної сировини в присутності Na КМЦ, найбільшою мірою – на основі борошняної суміші. Додавання тваринного білка Сканпро Т95 сумісно з Na КМЦ призводить до майже двократного зменшення цього показника, що пов'язано з конкурентним водопоглинанням білкових і полісахаридних речовин.

6. Поверхневий натяг водно-борошняної суспензії з борошняної суміші зростає, що є наслідком міжмолекулярної взаємодії між водорозчинним білками борошна рисового та кукурудзяного. Наявність Na КМЦ та КТБ у водно-борошняній суспензії зменшує її поверхневий натяг та сприяє утворенню поліпшеної пінної структури тіста.

7. Рекомендовано режими приготування бездріжджових безглютенових хлібців: на кефірі – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з кефіром – 40...60 с; вологість тіста – 64...64,5 %; температура випікання – 180...185 °С; на розчині Na КМЦ зі Сканпро Т95 – тривалість збивання яєчно-цукрової маси з розчином Na КМЦ та Сканпро Т95 – 90...100 с; вологість тіста – 63...63,5 %; температура випікання – 175...180 °С. На відміну від традиційного безопарного способу виробництва хліба передбачено приготування розчину Na КМЦ та виключено підготовку дріжджів, бродіння та розстоювання тіста. Визначено

критичні точки контролю та їх граничні значення. Рекомендований термін зберігання хлібців – 24 год. Комплексний показник якості дорівнює: хлібець «ГлютенOFF» – 0,74, хлібець «Василенківський» – 0,64, хлібець «Борщовий» – 0,75, хлібець «Маковій» – 0,65.

8. Розроблено технологію та технологічні схеми виробництва ББХ на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням в якості рідкої фази кефіру (комбінований спосіб розпушення тіста) та 0,5 % розчину Na КМЦ сумісно з білковою добавкою Геліос-11 або Сканпро Т95 (механічний спосіб розпушення тіста).

9. Розроблено і затверджено нормативну документацію на готову продукцію: рецептури ББХ (РЦ 38159665–145:2017 «ГлютенOFF», «Маковій», «Борщовий»), ТІ 38159665–145:2017 «Технологічна інструкція з виробництва хлібців безглютенових бездріжджових», проект ТУ. Впровадження здійснено на підприємствах м. Харкова: ТОВ «НВП-Східна Україна» (акт від 30.11.2017), ТОВ «Чарівна мозаїка» (акт від 02.10.2017), а також у навчальний процес ХНТУСГ імені Петра Василенка (акт від 04.03.2019) та ХТЕІ КНТЕУ (акт від 04.02.2019). Економічний ефект від впровадження результатів роботи складає 23,6-40,2 тис. грн. на 1 т готової продукції залежно від рецептури.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Shanina O., Gavrish T., Haliasnyi I., Minchenko S. Research of polysaccharide and protein supplements influence on viscous properties of gluten-free dough. Technology audit and production reserves. 2017. Vol. 2, Is. 3 (34). P. 30–35. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.100044>. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus, PИЦ, Food Science and Technology Abstracts та ін.). Особистий внесок здобувача: автором досліджено процес клейстеризації крохмалю в безглютеновій борошняній сировині в присутності гідроколоїдів та різних видів рідкої фази.**

2. Галясний І. В., Гавриш Т. В., Шаніна О. М. Білково-протеїназний комплекс безглютенового тіста в присутності молочних білків. Продовольча індустрія АПК. 2018. Т. 17, № 1. С. 10–14. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних (Ulrichsweb Global Serials Directory, PИЦ, AGRIS).** Особистий внесок здобувача: автором вивчено взаємодію між білковими макромолекулами безглютенових видів борошна та їх суміші на основі молекулярно-масового розподілу білкових речовин.

3. Haliasnyi I., Gavrish T., Shanina O. Research of surface properties of water-flour suspensions in the presence of hydrocolloids and protein supplements. Technology audit and production reserves. 2018. Vol. 1, Is. 3 (39). P. 58–63. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.124286>. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних**

(Index Copernicus, PИHЦ, Food Science and Technology Abstracts та ін.). *Особистий внесок здобувача: досліджено вплив гідроколоїдів та білкових добавок на показник формостійкості крапель водно-борошняних суспензій на основі безглютенового борошна для утворення поліпшеної пінної структури тіста.*

4. Галясний І. В., Гавриш Т. В., Шаніна О. М. Дослідження іонозв'язувальної здатності білків безглютенового борошна в присутності тваринних білків. Вісник НТУ «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях. 2018. № 9 (1285). С. 179–184. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.09.26>. **Стаття у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних (Index Copernicus та ін.).** *Особистий внесок здобувача: досліджено іонозв'язувальну здатність білків рисового, кукурудзяного борошна та їх суміші в присутності молочних білків кефіру та тваринних білків, отриманих із вторинної м'ясної сировини.*

5. Галясний І. В., Гавриш Т. В., Шаніна О. М. Дослідження піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста з використанням гідроколоїдів та концентратів тваринних білків. Продовольчі ресурси. 2018. № 10. С. 67–75. **Стаття у фаховому виданні України.** *Особистий внесок здобувача: досліджено вплив гідроколоїдів та концентратів тваринних білків на формування піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста. Здобувачем вивчено піноутворювальну здатність та стійкість піни модельних систем.*

6. Гавриш Т. В., Шаніна О. М., Галясний І. В. Дослідження впливу полісахаридної та білкової добавки на гідратаційні властивості безглютенового бездріжджового тіста. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. 2018. Вип. 194. С. 119–123. **Стаття у фаховому виданні України.** *Особистий внесок здобувача: здобувачем досліджено теоретичні та практичні аспекти впливу натрій карбоксиметилцелюлози та концентратів тваринних білків на гідратаційні властивості безглютенового тіста.*

7. Шаніна О. М., Галясний І. В., Лобачова Н. Л. Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба. Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal). 2015. Vol. 4, Is. 2. P. 56–60. **Стаття у виданні республіка Польща, яке включене до міжнародних наукометричних баз.** *Особистий внесок здобувача: здобувачем вивчено вплив різної безглютенової борошняної сировини на органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба.*

8. Галясний І. В., Гавриш Т. В., Шаніна О. М. Дослідження впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста. Інтернаука. 2017. Т. 1, № 18 (40). С. 66–71. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2017-18>. *Особистий внесок здобувача: автором досліджені теоретичні*

та практичні аспекти впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста з різної борошняної сировини.

9. Шаніна О. М., Гавриш Т. В., Галясний І. В., Дугіна К. В. Реологічні властивості безглютенового бездріжджового тіста. Молодий вчений. 2017. № 2 (42). С. 225–229. *Особистий внесок здобувача: здобувачем досліджені реологічні властивості бездріжджового тіста з безглютенової сировини та проаналізовано альтернативні види безглютенового борошна, що можуть застосовуватися в технології хліба.*

10. Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців: пат. на корисну модель 109240 Україна: МПК А21D 8/02 (2006.01) А21D 13/04 (2006.01) / Шаніна О. М., Галясний І. В., Ястребова Л. М., Андрієнко О. О.; власник Шаніна О. М., Галясний І. В., Ястребова Л. М., Андрієнко О. О. № u201508624; заявл. 07.09.2015; опубл. 25.08.2016, Бюл. № 16. *Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.*

11. Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців: пат. на корисну модель 124854 Україна: МПК А21D 8/02 (2006.01) А21D 13/047 (2017.01) / Гавриш Т. В., Галясний І. В., Шаніна О. М., Дугіна К. В.; власник Гавриш Т. В., Галясний І. В., Шаніна О. М., Дугіна К. В. № u201710939; заявл. 09.11.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8. *Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.*

12. Спосіб виробництва бездріжджових безглютенових хлібців: пат. на корисну модель 124855 Україна: МПК А21D 8/02 (2006.01) А21D 13/047 (2017.01) / Шаніна О. М., Галясний І. В., Дугіна К. В., Гавриш Т. В.; власник Шаніна О. М., Галясний І. В., Дугіна К. В., Гавриш Т. В. № u201710940; заявл. 09.11.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. № 8. 3 с. *Особистий внесок здобувача: здобувачем проведено патентний пошук, аналіз і систематизацію результатів та підготовлено заявку на корисну модель.*

13. Dugina K., Lobacheva N., Minchenko S., Haliasnyi I., Shanina O. Development of gluten-free products with high nutritional value // Engineering, environment and materials in processing industry: theses IV international congress, 04–06 march 2015 / Jahorina, 2015. P. 514–520. *Особистий внесок здобувача: автором досліджений вплив тваринних білків на кулінарні властивості безглютенових хлібних виробів з підвищеною харчовою цінністю.*

14. Галясний І. В. Формування піноподібної структури безглютенового бездріжджового тіста // Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., 22–23 грудня 2017 р. / Хмельницький, 2017. Ч. 2. С. 98–101. *Особистий внесок здобувача: здобувачем досліджено піноутворювальну здатність та стійкість до руйнування структури піни*

яєчного білка за умов додавання гідроколоїду та концентрату тваринних білків.

15. Галясний І. В. Дослідження впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста // Майбутній науковець – 2017: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 01 грудня 2017 р. / Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. Сєверодонецьк, 2017. С. 135–137. *Особистий внесок здобувача: досліджені зміни маси під час сушіння безглютенового тіста на основі борошна кукурудзяного, рисового та їх суміші.*

16. Галясний І. В. Визначення здатності до черствіння під час зберігання безглютенових бездріжджових хлібців // Наука в современном мире: сб. науч. публикаций XXV междунар. науч.-практ. конф., 20 декабря 2017 / г. Киев, 2017. С. 41–44. *Особистий внесок здобувача: автором досліджено процеси втрати вологи та черствіння бездріжджових безглютенових хлібців за умов використання різної рідкої фази та безглютенового борошна.*

17. Галясний І. В., Кравченко О. М., Гавриш Т. В. Обґрунтування економічної ефективності виробництва безглютенової бездріжджової хлібопекарської продукції // Економіка, фінанси, облік та управління: оцінка та перспективи розвитку в Україні та світі: зб. тез доповідей Міжнар. наук.-практ. конф., 22 грудня 2017 р. / ЦФЕНД, Полтава, 2017. Ч. 2. С. 8–10. *Особистий внесок здобувача: здобувачем здійснені економічні розрахунки ефективності впровадження інноваційної технології виробництва безглютенових бездріжджових хлібців.*

АНОТАЦІЯ

Галясний І. В. Розробка технології бездріжджових безглютенових хлібців на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2019.

Дисертацію присвячено розробці технології безглютенових бездріжджових хлібців на основі борошняних сумішей шляхом використання в якості структуроутворювачів функціональних рецептурних компонентів гідроколоїду – карбоксиметилцелюлози натрієвої солі і концентратів тваринних білків Геліос-11 або Сканпро Т95, що дозволить збалансувати реологічні властивості пористого хлібного тіста. У роботі показано доцільність заміни мікробіологічного способу розпушення тіста під дією дріжджів на користь механічного та комбінованого (механічно-хімічного), що дозволить суттєво скоротити тривалість процесу тістотведення, знизити втрати сухих речовин тіста під час бродіння.

З використанням математичних методів експериментально-статистичного моделювання та оптимізації обґрунтовано дозування дослідних полісахаридних та білкових добавок, внесення яких у безглютенове тісто на стадії його приготування зумовлює поліпшення процесів утворення та стабілізації піноподібної структури. У результаті підвищуються фізико-хімічні й органолептичні показники якості, а також скорочується технологічний цикл виробництва бездріжджових безглютенових хлібців.

Розроблено технологію безглютенових бездріжджових хлібців, яка апробована та впроваджена на виробничих підприємствах м. Харкова, а також у навчальний процес ХНТУСГ імені Петра Василенка та ХТЕІ КНТЕУ. Розраховано економічну ефективність від реалізації нової продукції.

Ключові слова: безглютенове борошно, бездріжджові безглютенові хлібці, концентрати тваринних білків, карбоксиметилцелюлози натрієва сіль, піноподібна структура тіста.

АННОТАЦІЯ

Галясный И. В. Разработка технологии бездрожжевых безглютеновых хлебцев на основе смеси рисовой и кукурузной муки. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.01 – технология хлебопекарных продуктов, кондитерских изделий и пищевых концентратов – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2019.

Диссертация посвящена разработке технологии безглютеновых бездрожжевых хлебцев на основе мучных смесей путем использования в качестве структурообразователей функциональных рецептурных компонентов – концентратов животных белков и карбоксиметилцеллюлозы натриевой соли, что позволит сбалансировать реологические свойства пористого хлебного теста. В работе показана целесообразность замены микробиологического способа разрыхления теста в пользу механического или комбинированного (механическо-химического), что позволит существенно сократить продолжительность процесса тестоведения и снизить потери сухих веществ.

С использованием математических методов экспериментально-статистического моделирования и оптимизации обоснованно дозирование исследуемых полисахаридных и белковых добавок, внесение которых в безглютеновое тесто на стадии его приготовления улучшают процессы образования и стабилизации пенообразной структуры. В результате повышаются физико-химические и органолептические показатели качества, а также сокращается технологический цикл производства хлебцев.

Разработана технология безглютеновых бездрожжевых хлебцев, которая апробирована и внедрена в научно-производственных предприятиях, а также в

учебный процесс. Рассчитана экономическая эффективность от реализации новой продукции.

Ключевые слова: безглютеновая мука, бездрожжевые безглютеновые хлебцы, концентраты животных белков, карбоксиметилцеллюлозы натриевая соль, пеноподобная структура теста.

ABSTRACT

Haliasnyi I. V. Development of non-yeast gluten-free breads technology based on rice and corn flour mixture. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical science, specialization 05.18.01 – Technology of Bakery Products, Confectioneries and Food Concentrates. – Kharkov State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, 2019.

Thesis presents the results of current trends in technology of gluten-free baking products, outlines the urgency of production problem of gluten-free food products, analyzes the effectiveness of modern functional formulation components use and innovative technological measures, which has become a prerequisite for the development of technology of gluten-free quick breads based on flour mixes by using animal protein concentrates Helios-11 or Scanpro T95 (APC) and hydrocolloid – carboxymethylcellulose sodium salt (Na CMC), which balances the rheological properties of porous bread dough.

The primary task is to substantiate the composition of flour raw material and liquid phase of gluten-free quick dough. It is established that the basis of rice-corn flour mixture is the ratio (70...50) : (30...50). Kefir or 0.5 % solution of Na CMC is used as liquid phase of dough; concentration of Na CMC solution is chosen taking into account the data on its resistance to stratification during possible storage before kneading the dough. As protein enhancers, it is recommended to introduce Helios-11 or Scanpro T 95 (0.5...1.0 % to the mass of flour). Application of physical method of dough dilution (if liquid phase of dough is solution of Na CMC) or combined (if the liquid phase is kefir).

In the presence of additives, foamy structure of dough is changing – the number of large pores (0.7...1.5 mm) is reduced by almost 4 times, the number of small and very small pores (0.1...0.5 mm) increases significantly. Improvement of the balance of structural and mechanical properties of flour dough (elasticity, elasticity, and compliance) is associated with an increase in the proportion of bound moisture in the presence of additives.

Flour proteins and their properties are crucial for structure formation of dough and baked products, so it is decided to investigate the molecular weight distribution of protein fractions of gluten-free flour dough. Analysis of differential curves of molecular weight distribution in dough from F_{rice} , F_{corn} and their mixtures show that there are intermolecular protein interactions. As a result, in dough from flour mixture, proportion of fractions with a molecular weight close to 20, 50, 80 and 280 kDa is increased; the proportion of fractions with a molecular weight of 25...29 kDa is reduced.

In presence of kefir, increase in peaks intensity in the range of 20...25 kDa, as well as an increase in intensity and displacement of the maximum peak in direction of larger molecular weights, is detected from 296...303 to 314 kDa. At the same time, content of water-soluble fraction decreases significantly and content of higher molecular weight fractions increases, indicating the interaction between protein molecules with low molecular weight and formation of a high molecular weight fraction.

In presence of Na CMC in dough composition with oscillation of almost unchanged deformation, oscillations of the mode V_1 , ie movement of nuclei along the direction of O-H bonds (mode of valence oscillations of stretching), are activated. This can be explained by increased number of hydroxyl groups in presence of Na CMC involved in formation of additional hydrogen bonds in dough. Spectral characteristics of Amid strips and all dough samples indicate the existence of various molecular forms of proteins (α -helix and β -forms).

A rapid growth of «Falling Number» (FN) indicator in samples from different flour raw materials in the presence of Na CMC is established, and to a large extent in the sample based on the flour mixture. The addition of Scanpro T 95 in combination with Na CMC leads to almost two-fold decrease in FN, which may be due to competitive water absorption of protein and polysaccharide substances. Proteins that have a higher water absorption capacity at low ambient temperatures limit the absorption of water by Na CMC.

For the study of surface phenomena at the interface between the phases (gas-liquid-solids), the method of a droplet drop is applied. It is established that the surface tension of water-flour suspension from flour mixture increases. This is the result of intermolecular interaction between the water-soluble F_{rice} and F_{corn} proteins. The presence of Na CMC and APC in flour-based mixture reduces the index of drop form-resistance, which is associated with decrease in its surface tension.

The optimal parameters for gluten-free quick breads preparation are the following: with kefir – mixing duration of battered egg-sugar mass with kefir – 40...60 s; moisture content of dough – 64...64.5 %; baking temperature – 180...185 °C; with solution of Na CMC with Scanpro T 95 – mixing duration of egg-sugar mixture with Na CMC and Scanpro T 95 – 90...100 s; moisture content of dough – 63...63.5%; baking temperature – 175...180 °C.

New technologies were introduced into industrial enterprises of Kharkiv, the results of research is implemented in educational process of the P. Vasilenko KhNTUA and KhITE KNUTE.

Keywords: gluten-free flour, gluten-free non-yeast breads, animal protein concentrates, carboxymethylcellulose sodium salt, foam-like structure of the dough.

Підп. до друку _____.2019 р. Формат 60×90/16. Папір офсет. Друк офсет.
Ум. друк. арк. 1,5. Тираж 130 прим. Зам. №

Видавець і виготівник
Харківський державний університет харчування та торгівлі,
вул. Клочківська, 333, Харків, 61051
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК 4417 від 10.10.2012 р.