

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ**

**ЛОБАЧОВА НАДІЯ ЛЕОНІДІВНА**

УДК 664.644.4

**ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З  
ВИКОРИСТАННЯМ КОЛАГЕНВМІСНИХ БІЛКІВ  
ТА ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Харків – 2015**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:**

доктор технічних наук, професор  
**Шаніна Ольга Миколаївна,**  
Харківський національний технічний  
університет сільського  
господарства імені Петра Василенка,  
завідувач кафедри технологій переробних і  
харчових виробництв

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор, академік  
**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,  
доцент кафедри технології хліба,  
кондитерських, макаронних виробів  
і харчоконцентратів

Захист відбудеться «.....»..... 2015 р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.088.03 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м.Харків, 61051.

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

Автореферат розісланий «.....»..... 2015 р.

Учений секретар

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

Гревцева Н.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Історичний зв'язок пшениці і людства є нерозривним і життєво необхідним, проте, для хворих на целиакію людей його вживання є неприпустимим. За останні 30...40 років уявлення про поширеність цього захворювання істотно змінилися в бік значного збільшення. За оцінкою Всесвітньої асоціації гастроентерологів на целиакію страждає близько 1% населення Землі. За підрахунками Всеукраїнського товариства целиакії, лише в Києві тепер проживає близько 30 тис. хворих на целиакію, а виявлено – в десять разів менше. Лікування целиакії можливе виключно через суворе дієтичне харчування з виключенням навіть мікродоз глютену.

Створенню науково-практичних засад виробництва безглютенових харчових продуктів присвячені праці вітчизняних та зарубіжних вчених: В.І. Дробот, А.М. Дорохович, О.М. Шаніної, E. Gallagher, E.K. Arendt, J.L. Casper, W.A. Atwell, E.J. Hoffenberg, J. Haas, M.M. Mor та ін. Особливу увагу приділяють хлібопекарській продукції, яка є найбільш повсякденно вживаною і виступає головним джерелом глютену, бо включає пшеничне борошно як основний сировинний ресурс.

Використання безклейковинного борошна в хлібопеченні викликає низку технологічних проблем і потребує різноманітних допоміжних засобів для виконання функцій глютену. Оскільки заміна пшеничного борошна на безглютенове у співвідношенні «один до одного» неможлива, додатково застосовують різні види нативних крохмалів, безглютенового борошна і гідроколоїдів, білків, ферментних препаратів. Трансглютаміназа – відносно новий засіб, що використовується в процесі виробництва хлібобулочних виробів. Цей фермент може змінювати протеїни за рахунок утворення поперечних зв'язків, що у виробництві безглютенових хлібобулочних виробів призводить до збільшення об'єму, поліпшення текстури та збільшення терміну зберігання хліба. Проте, залишаються актуальними наступні невирішені технологічні та комерційні питання виробництва і споживання безглютенового хліба: необхідність суттєвого поліпшення структури виробів; виявлення механізмів впливу ферменту трансглютаміназа на білки рослинного та тваринного походження, а також на їх суміші.

Тому пошук додаткових білкових джерел, здатних підвищити ефективність дії трансглютамінази та удосконалення і розробка новітніх технологій безглютенової хлібопекарської продукції є актуальною та своєчасною науковою проблемою для вітчизняної та світової зернопереробної галузі. Нами запропоновано застосовувати добавки, які за походженням є тваринними білками, що отримують з колагенвмісної м'ясної сировини, а саме – найбільш розповсюджений і добре відомий в нашій країні желатин, доступний за ціною і розповсюджений в країнах ЄС Сканпро Т95 та вітчизняний Геліос-11.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась відповідно до тематики науково-дослідних робіт ХНТУСГ ім. Петра Василенка в межах держбюджетних тем №0110U006438 «Створення конкурентоздатних продуктів переробки зерна з підвищеною харчовою цінністю», №0112U000551 «Створення сучасних харчових продуктів з борошняної сировини підвищеної харчової та біологічної цінності», а також

договору №7 від 01.09.2014р. про виконання робіт на тему «Розробка технології виробів хлібобулочних аглютенів з використанням трансглютамінази і тваринних білків» на базі підприємства «Хлібохарчокомбінат» Краснопільської РСС.

**Мета і задачі досліджень.** Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка інноваційної технології безглютенівих хлібобулочних виробів на основі борошняних сумішей шляхом використання в якості структуроутворювачів колагенвмісних білків разом з ферментом трансглютаміназа.

Для досягнення поставленої мети сформульовано і вирішено такі задачі:

- систематизувати емпіричну базу даних по регулюванню технологічних властивостей борошняної сировини, перспектив застосування ферментних препаратів разом з додатковими джерелами білка для обґрунтування технології безглютенівих хлібопекарської продукції;
- встановити оптимальне співвідношення складових безглютенівих борошняних сумішей, обґрунтувати вид рідкої фази тіста, що забезпечує високі органолептичні властивості безглютенівих хлібопекарської продукції;
- науково обґрунтувати доцільність використання трансглютамінази сумісно з колагенвмісними білками (КВБ) в якості структуроутворювачів безглютенівих тіста; визначити раціональні концентрації трансглютамінази і КВБ;
- дослідити вплив трансглютамінази (ТГ) і КВБ на перебіг основних процесів (деформаційних, мікробіологічних і гідратаційних) у безглютенівому тісті під час виробництва хлібобулочних виробів;
- встановити вплив ферменту ТГ разом з КВБ на стан біополімерів безглютенівих борошна та тіста;
- обґрунтувати спосіб введення добавок, режими тістоведення і вплив рецептурних компонентів на якість безглютенівих хлібобулочних виробів під час виробництва;
- провести оптимізацію технологічних режимів виробництва безглютенівих хлібобулочних виробів, визначити показники безпеки, запровадити елементи НАССР та провести кваліметричну оцінку його якості;
- провести комплекс робіт по розробці нормативної документації, впровадженню нових технологій та визначенню економічної ефективності виробництва безглютенівих хлібопекарської продукції.

*Об'єкт дослідження* – технологія безглютенівих хлібобулочних виробів з додаванням колагенвмісних білків та трансглютамінази.

*Предмет дослідження* – органолептичні, структурно-механічні властивості тіста та готових виробів, процеси тістоутворення.

*Методи дослідження* – аналітичні, традиційні й спеціальні органолептичні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні методи визначення якості вихідної сировини, напівфабрикатів і готових виробів; методи планування експериментального та математичного моделювання з використанням сучасних комп'ютерних програм.

**Новизна одержаних результатів.** На основі теоретичних та експериментальних досліджень доведено ефективність використання безглютенівих борошняних сумішей сумісно з трансглютаміназою та білковими добавками тва-

ринного походження в якості структуроутворювачів для підвищення якості безглютенової хлібопекарської продукції та науково обґрунтовано їх позитивний вплив на основні складові борошна та тіста.

Вперше встановлено:

– ефективність сумісного застосування ТГ та колагенвмісних білків, що зумовлює посилення пружно-еластичних та зниження пластичних властивостей, зниження міцності адгезії тіста на основі безглютенової борошняної суміші. Рекомендована кількість білкових добавок – 1...2% до маси борошна; ферменту трансглютаміназа – 0,05...0,10% до маси борошна;

– закономірності взаємодії колагенвмісних білків в присутності трансглютамінази з білковими речовинами безглютенового борошна та тіста, які виявляються у зростанні інтенсивності коливань груп СН- та СОО-, скелетних коливань бокових ланцюгів білкової макромолекули;

– зміни нативної конформації макромолекул білків, що підтверджуються здатністю білків зв'язувати іони  $H^+$  та  $OH^-$  та утворенням структури зі значною гетерогенністю за молекулярною масою;

– зниження в'язкості водно-борошняних суспензій та зменшення тривалості процесу клейстеризації в присутності добавок колагенвмісних білків та трансглютамінази;

– посилення вологоутримувальної здатності безглютенового тіста в присутності колагенвмісних білків та трансглютамінази.

Набули подальшого розвитку:

– закономірності зміни властивостей безглютенового тіста з борошняної суміші при внесенні трансглютамінази;

– дані щодо формування якості безглютенових хлібобулочних виробів на основі борошняної суміші під час виробництва та зберігання продукції.

Новизну технічних рішень підтверджено патентом України на корисну модель №86050 «Спосіб виробництва безглютенового хліба».

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено і затверджено нормативну документацію на готову продукцію: ТУ У 10.7 – 04718013 – 007:2014 «Вироби хлібобулочні аглютенові з використанням трансглютамінази і тваринних білків», технологічні інструкції до ТУ У 10.7 – 04718013 – 007:2014 «З виробництва хліба та хлібців аглютенових з використанням трансглютамінази і тваринних білків» та «З виробництва виробів булочних аглютенових з використанням трансглютамінази і тваринних білків».

Науково-технічні розробки впроваджені шляхом випуску промислових партій на підприємстві «Хлібохарчокомбінат» Краснопільської райспоживспілки Сумської обл. (акт впровадження від 22.04.2014).

Одержані нові прикладні результати відображено в навчально-методичних розробках, рекомендованих для студентів ВНЗ, які готують фахівців за напрямом 7.05170101 та 8.05170101 «Технологія зберігання і переробки зерна» (акт впровадження у навчальний процес ХНТУСГ ім. Петра Василенка від 07.11.2014). Економічний ефект від впровадження результатів роботи на підприємстві складає 2500 грн. при реалізації 1 т продукції (в цінах станом на 6.10.2014).

**Особистий внесок здобувача.** Автором особисто проведено аналіз стану проблеми, розробку програми досліджень, організацію, проведення та узагальнення аналітичних та експериментальних робіт, аналіз та обробку отриманих даних, формулювання висновків та рекомендацій, підготовку матеріалів до публікації та складання заявки на корисну модель, розробку проекту нормативної та технологічної документації, проведення заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробництво та навчальний процес. Аналіз і узагальнення результатів досліджень проведені спільно з науковим керівником, д.т.н., проф. Шаніною О.М.

**Апробація результатів досліджень.** Основні результати наукових досліджень обговорювались на наукових конференціях: Conference of Food Engineering (Leesburg, Virginia, USA, 2012); III International Research and Practice Conference (Munich, Germany, 2012); XII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв» (м.Харків, ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2012 р.); XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Хлібопродукти – 2013» (м.Одеса, ОНАХТ, 2013 р.); 104th AOCS Annual Meeting&Expo (Montreal, Canada, 2013 р.), 8th CIRG International Simposium “Advanced Food Processing and Quality Management” incorporating 1st International Congress on Contemporary Food Science and Engineering (Guangzhou, China, 2013); Науково-методичному семінарі, присвяченому 20-річчю заснування Навчально-наукового інституту переробних і харчових виробництв Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (м.Харків, ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Аспекти виробництва фізіологічно-функціональних хлібобулочних продуктів» (м.Київ, НУХТ, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій 130-річчю НУХТ «Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека» (м.Київ, НУХТ, 2014 р.); Міжнародній науковій конференції «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти в харчовій промисловості» з нагоди 130-річчя НУХТ (м.Київ, НУХТ, 2014 р.); XIV міжнародній науково-практичній конференції «Хлібопродукты-2014» (м.Одеса, ОНАХТ, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства» (м. Алмата, АГУ, 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, ХДУХТ, 2014 р.).

Продукція демонструвалась на виставках: агропромисловій виставці-ярмарці «АГРО-СУМЩИНА 2013» (с. Сад Сумського району, 2013 р.), виставці-дегустації «Ніч науки у Харкові» (м. Харків, 2013 р.), XI міжнародній універсальній виставці «Слобожанський міст-2014» (м.Суми, ВЦ СТІП «Іллінський», 2014 р.), виставці-дегустації наукових досягнень Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка в рамках XV Міжнародної науково-практичної конференції-експозиції «Сучасні

напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв» (м. Харків, ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2014 р.).

**Публікації.** За результатами роботи опубліковано 16 наукових праць, в тому числі 5 статей у затверджених наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави (Германія) з напряму, з якого підготовлено дисертацію, 1 патент України на корисну модель, 9 тез доповідей на наукових конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота містить вступ, 6 розділів, висновки, список використаних джерел з 224 найменувань, у тому числі іноземних, та додатків. Роботу викладено на 163 сторінках основного тексту, включаючи 54 рисунки і 40 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, надано відомості стосовно особистого внеску автора, апробації роботи.

**У першому розділі** «Наукові основи регулювання технологічних властивостей безглютенової борошняної сировини» висвітлено відокремлювальні особливості целиакії як хвороби і безглютенового харчування як засобу її лікування, представлено сучасні методи підвищення технологічного потенціалу борошняної сировини, проаналізовано досвід застосування ферментів для регулювання властивостей борошняної сировини. Зроблено висновок про необхідність корекції рецептурного складу і якості безглютенової хлібопекарської продукції, яка є не тільки найбільш повсякденно вживаною, але й виступає головним джерелом глютену. Виключення з обігу пшеничного борошна як стратегічно важливого та структуроутворюючого сировинного компонента хліба призводить до виникнення низки специфічних проблем для виробників безглютенової хлібопекарської продукції. Вказано перспективи та ефективність використання трансглютамінази для створення сучасних продуктів харчування, в тому числі безглютенових хлібобулочних виробів.

**У другому розділі** «Характеристика сировини та методологія експериментальних досліджень» наведено характеристику об'єктів та методів дослідження, розроблено схему проведення аналітичних та експериментальних досліджень (рис.1).

Агрегуючу здатність клейковинних білків пшениці досліджували методом Аракаві та Юнезаві. Кількість зв'язаних іонів водню 1%-вою водно-борошняною суспензією визначали методом потенціометричного титрування. Фізичні властивості тіста – на фаринографі фірми „Брабендер”. Реологічні характеристики тіста – за допомогою приладів (напівавтоматизованого текстурометру та адгезіометру), розроблених у ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вологоутримувальну здатність тіста – ваговим методом на вагах-воломірі ADGS 50. Вміст загального і білкового азоту – мікрометодом К'ельдаля. Розділення білків різних фракцій за молекулярною масою – в SDS-ПААГ в системі Лемлі.

Дослідження ІЧ-спектрів – за допомогою аналізатора UR-20 (Німеччина) в інтервалі коливань від  $400\text{ см}^{-1}$  до  $4000\text{ см}^{-1}$ .

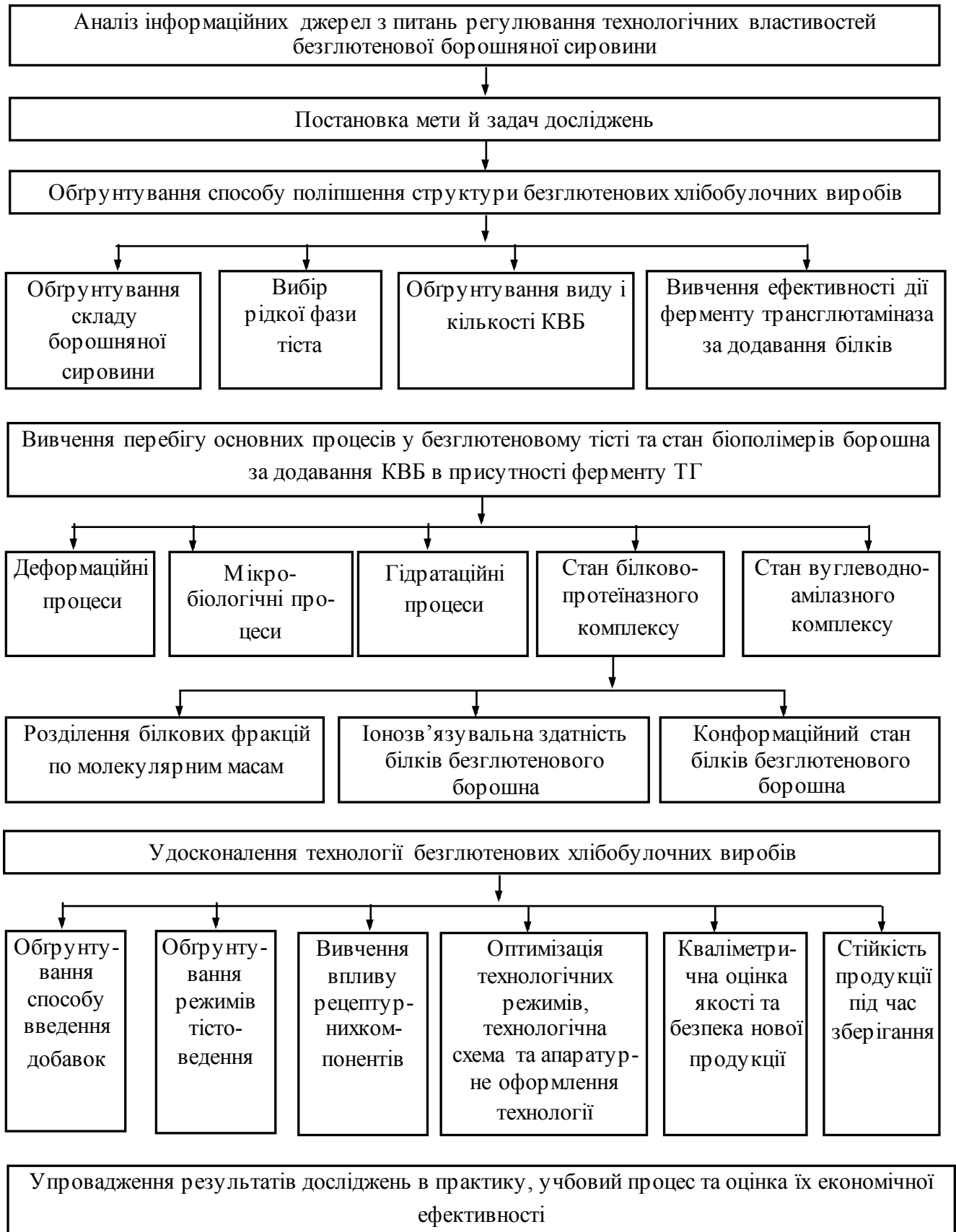


Рис.1 План теоретичних та експериментальних робіт



Економічну ефективність визначали за діючими в галузі методиками розрахунку. Комплексну оцінку якості проводили за допомогою методів кваліметрії. Вірогідність отриманих результатів оцінювали методами математичної статистики. Для оптимізації технологічних режимів застосовували методи експериментально-статистичного моделювання та програми Excel та Math CAD.

**У третьому розділі** «Обґрунтування способу поліпшення структури безглютенових хлібобулочних виробів» обґрунтовано склад борошняної сировини та вид рідкої фази тіста, обрано в якості добавок-регуляторів структури безглютенового тіста та хлібобулочних виробів колагенвмісні білки та фермент трансглютаміназу. В якості борошняної сировини застосовували рисове, кукурудзяне, вівсяне борошно та їх суміші.

Застосування борошняних сумішей дозволяє більш раціонально використовувати зернову сировину; поліпшувати структурно-механічні властивості тіста та хлібобулочних виробів; підвищувати харчову та біологічну цінність хліба за рахунок комбінування різних видів безглютенового борошна; розширювати асортимент безглютенових хлібобулочних виробів. Рекомендовано застосовувати борошняну суміш з базовим компонентом (борошном рисовим, кукурудзяним, вівсяним) в кількості не менше 50% для запобігання погіршення кольору м'якушки, послаблення вираженого забарвлення скоринки та ін. Застосування кукурудзяного борошна в кількості 30% і більше потребує попереднього заварювання для запобігання надмірної крихкості м'якушки хліба.

В якості рідкої фази безглютенових хлібобулочних виробів можна використовувати воду, молоко або їх комбінацію.

Пошук добавок-поліпшувачів структури безглютенових хлібобулочних виробів проводили, базуючись на розумінні фундаментального механізму утворення безглютенового тіста. Згідно сучасних наукових уявлень, одним з важливих чинників оптимізації і стабілізації процесу утримання бульбашок газу, утворених в безглютеновому тісті під час бродіння, є достатня кількість води для гідратації біополімерів тіста. Нами обрано напрямок застосування білкових добавок (враховуючи їхню здатність не тільки виконувати функцію коректора структури, але й впливати на харчову і біологічну цінність хліба) сумісно з ферментом трансглютаміназа (спираючись на її здатність змінювати протеїни за допомогою амінування, або через утворення поперечних зв'язків, або через дезамінування). Трансглютаміназа вступає в реакцію з різними білками і має різну реакційну здатність, в т.ч. дуже добру – з желатином м'яса та добру – з колагеном. Нами досліджено вплив виду і кількості добавок КВБ, що отримують з колагенвмісної сировини – желатин, Сканпро Т95, Геліос-11 (рис.2).

Вид і концентрація добавок помітно змінювали структурно-механічні показники якості хлібобулочних виробів. Будь-яку добавку можна вважати поліпшувачем, проте, за ефективністю дії реверсний ряд виглядає наступним чином: Геліос-11 > Сканпро Т95 > желатин. За додавання 1...2% (до маси борошна) Геліос-11 питомий об'єм виробів зростає на 25...27%, Сканпро Т95 – на 12...13%, 3%-вого водного розчину желатину (в якості рідкої фази тіста) – на 11%. За додаванням ферменту трансглютаміназа сумісно з джерелом білка (же-

латин, Геліос-11, Сканпро Т95) (табл.1, рис.3) структура м'якушки покращувалась, збільшувалась формостійкість виробів та їх загальний об'єм.

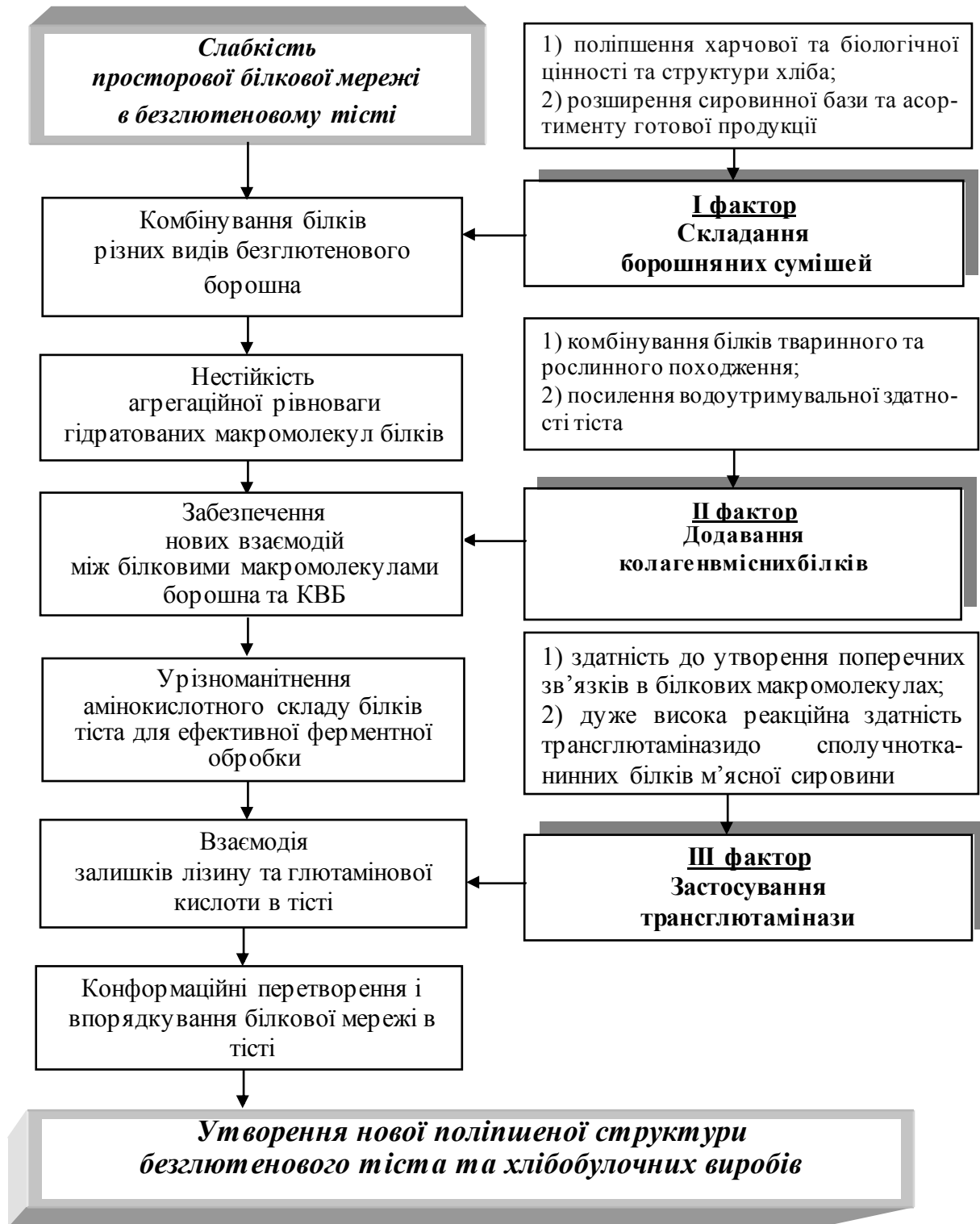


Рис.2 Обґрунтування способу регулювання структурно-механічних властивостей тіста



вода



вода + 0,05%ТГ



3%желатин



3% желатин + 0,05%ТГ



1% Геліос-11



1% Геліос-11+ 0,05%ТГ

Рис.3 Зовнішній вигляд хліба (переріз) з безглютенової борошняної суміші з використанням трансглютамінази та білкових добавок

Вироби у вказаному інтервалі концентрацій добавок мали гладку поверхню без підривів та тріщин, еластичну м'якушку з приємним світло-жовтим кольором, рівномірну пористість. Введення ТГ в кількості більше 0,1% до маси борошна встановлено недоцільним.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники якості хліба з борошняної суміші з додаванням КВБ і ферменту ТГ

Вид і кількість добавки	Кількість ТГ, % до маси борошняної сировини	Питомий об'єм хліба, $V_{\text{пит}} \times 10^3, \text{ м}^3/\text{кг}$	Пористість, м'якушки, %
Без добавки	-	2,80±0,05	66±1
Желатин (3,0%-вий водний розчин в якості рідкої фази тіста)	0	3,20±0,10	70±1
	0,05	3,80±0,15	76±1
	0,10	3,95±0,15	78±1
	0,15	3,96±0,15	78±1
Сканпро Т95 1,0% до маси борошна	0	3,26±0,10	71±1
	0,05	3,85±0,11	77±1
	0,10	4,00±0,11	78±1
	0,15	3,98±0,10	78±1
Геліос-11 1,0% до маси борошна	0	3,60±0,11	73±1
	0,05	3,90±0,16	77±1
	0,10	4,10±0,16	78±1
	0,15	4,05±0,15	78±1

У четвертому розділі «Вивчення перебігу основних процесів у безглютеновому тісті та стан біополімерів борошна в присутності трансглютамінази і білкових добавок» розглянуто вплив добавок на протікання деформаційних, мікробіологічних і гідратаційних процесів у безглютеновому тісті, а також на стан білково-протеїназного та вуглеводно-амілазного комплексів безглютенового борошняного тіста. В якості борошняної сировини застосовували борошно рисове, кукурудзяне та їх суміш 1:1.

Застосування КВБ помітно впливало на здатність тіста до високоеластичної деформації – відносна еластичність зростала до 10...14% залежно від виду добавки, головним чином, за рахунок зниження відносної пластичності тіста. Застосування ферменту ТГ посилювало вказані тенденції – відносна пружність зростала до 10...11%, еластичність – до 15...18%. Зростає модуль еластичності тіста (з будь-якого виду безглютенового борошна) за додавання КВБ та ферменту ТГ. Одночасно збільшувався умовно миттєвий модуль пружності та знижувалась піддатливість тіста.

За додавання добавок КВБ і ТГ показник розпливаємості кульки тіста був найменшим у порівнянні з контрольним зразком. Отримані дані свідчать про уповільнення розслаблення структури тіста з добавками, що з технологічної точки зору сприяє збільшенню формостійкості подових виробів. Це дозволяє надати позитивний прогноз щодо збереження основних якісних характеристик безглютенового тіста під час формування та на початковому етапі випікання.

За наявності КВБ і ТГ знижувалась міцність адгезії тіста від 0,76...0,80кПа до 0,55...0,63кПа (або на 23...25%). Підвищення температури

рідкої фази тіста (від 25 до 45°C) призводило до зростання міцності адгезії всіх зразків в середньому на 15...17%. При цьому під дією добавок зниження цього показника було більш суттєвим (на 35...40%), що пояснюється підвищенням ефективності дії ТГ за температури 45°C. Протягом бродіння тіста міцність адгезії в присутності добавок зростала меншою мірою, а когезійний відрив починався пізніше порівняно з контрольним зразком без добавок.

Процес кислото накопичення в контрольному та дослідних зразках тіста в цілому мав подібний характер. Протягом 3год бродіння активна кислотність змінювалась від 5,8...6,0 до 5,1...5,3од.рН. Проведені дослідження титрованої кислотності безглютенового тіста підтвердили вищевказані тенденції. За 3год бродіння значення титрованої кислотності всіх зразків зростала від 1,5...1,7 до 2,7...2,9град.

Наявність КВБ дещо знижувала газоутворювальну здатність борошняної сировини в межах 5...8 %. В присутності добавок незначно зменшувалась швидкість газоутворення в тісті порівняно з контрольним зразком. Таке зменшення очевидно пов'язано зі зменшенням здатності тіста накопичувати цукри в присутності добавок – на 4...5% порівняно з контрольним зразком. Це пояснюється, на наш погляд, тим, що ТГ здатна незначно зміщувати значення рН середовища, відсуваючи його від оптимального значення для дії амілолітичних ферментів. В присутності ТГ відбувається зменшення накопичення кількості зброджених цукрів в тісті, що незначно впливає на колір скоринки і пористість м'якушки хліба. Ефективність процесу бродіння та якість готових виробів значною мірою забезпечувалась високою газоутримувальною здатністю тіста. Контрольний зразок

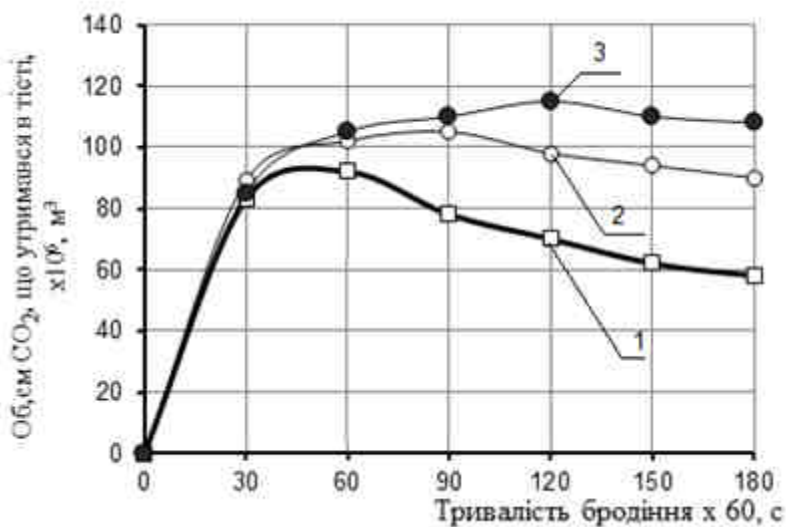


Рис.4 Об'єм CO<sub>2</sub>, що утворився під час бродіння в тісті без добавок (1) та з додаванням 3% желатину без ТГ (2) та з 0,05% ТГ (3)

тіста без добавок досягав максимального об'єму за 30×60с бродіння та утримував його лише перші 60×60с, після чого об'єм суттєво знижувався. За використання желатину максимальний об'єм тіста утримувався протягом 90×60с, а сумісно з ферментом ТГ – протягом 120×60с бродіння (рис.4). Пояснити встановлену залежність можна тим, що внаслідок низької розтяжності безглютенового тіста на поверхні утворюються тріщини, через які відбуваються основні втрати утворювального газу; тісто безворотньо опадає.

За додавання добавок відбувається зростання еластичності тіста та зменшення втрат вуглекислого газу, що забезпечує добру розпушеність тістової заготівлі та високу якість м'якушки хліба, що підтверджено спробними лабораторними випіканнями.

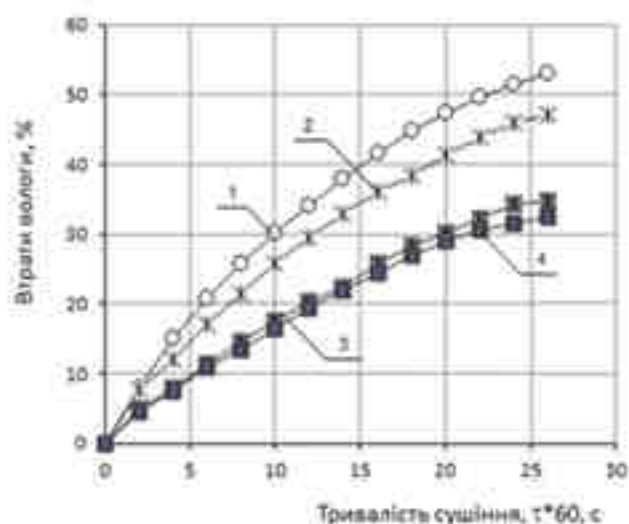


Рис. 5 Втрати вологи під час сушіння тіста з борошняної суміші (1) з додаванням 3%-вого розчину желатину без ферменту (2) та з ТГ в кількості 0,05% (3) та 0,1% (4)

Водоутримувальна здатність тіста з безглютенового борошна під впливом ТГ посилювалась. В присутності КВЕ втрати вологи під час сушіння тіста помітно зменшувались, найпотужніше – в тісті з борошняної суміші рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 1:1 (рис. 5). Загалом, можна прогнозувати зниження кількісних втрат під час випікання безглютенових хлібобулочних виробів за використання ферменту трансглютаміназа разом з желатином, Сканпро Т95 або Геліос-11.

Інфрачервоноспектроскопічними дослідженнями зразків тіста встановлено, що за наявності добавок (желатину разом з ферментом ТГ – рис. 6) з'явилися піки поглинання  $1500\text{ см}^{-1}$  та  $1380\text{ см}^{-1}$ , посилилися піками поглинання  $1160\text{ см}^{-1}$  та  $1460\text{ см}^{-1}$ .

Інфрачервоноспектроскопічними дослідженнями зразків тіста встановлено, що за наявності добавок

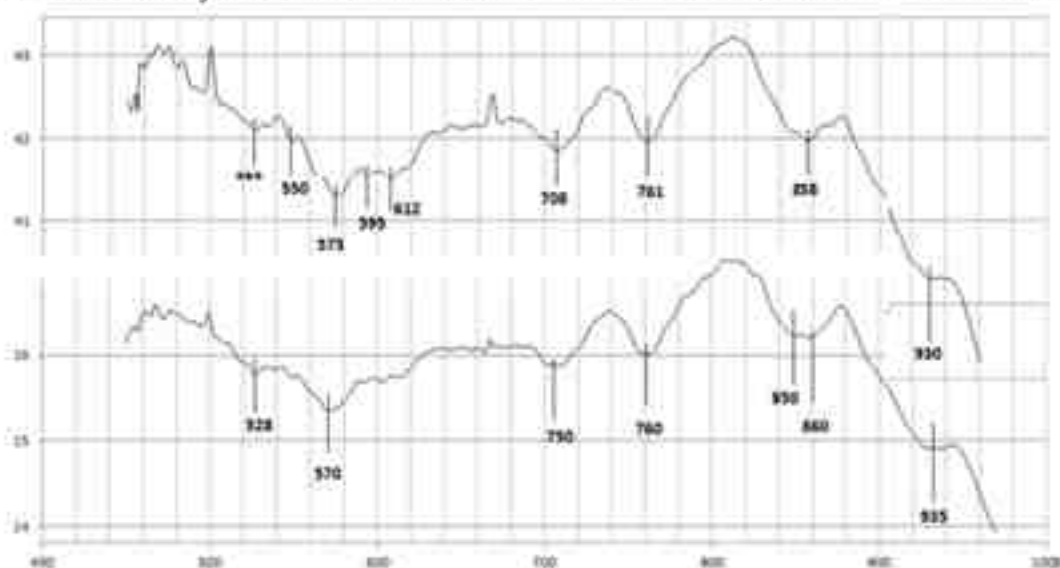


Рис. 6 Фрагменти ІЧ-спектрів тіста з борошняної суміші на основі кукурудзяного борошна (зверху) та з додаванням 3% желатину та 0,05% ТГ (знизу) в інтервалі  $400 \dots 1000\text{ см}^{-1}$

Оскільки коливання пептидного зв'язку (Амід I, Амід II, Амід В) суттєво не змінювались, зроблено припущення, що взаємодія між білками борошна та добавки відбувалась через бокові ланцюги.

Із застосуванням інструментів титриметричного аналізу за експериментальними кривими титрування розраховано (табл. 2): 1 – сумарну кількість іонів, яку здатні зв'язувати білки борошна, добавки та фермент при титруванні кожного зразка окремо, коли взаємодія між ними відсутня (варіант А); 2 – кількість іонів, зв'язаних сумісно борошном і добавкою в присутності ферменту, коли взаємодія між ними відбувається (варіант Б). Різниця між варіантами А та Б (в

табл.2 – позначка Δ) свідчить про неадитивне зв'язування іонів  $H^+$  і  $OH$  білковими молекулами, тобто про взаємодію між добавкою і борошном.

Таблиця 2

Порівняння кількості зв'язаних іонів у водно-борошняній суспензії з додаванням желатину та ТГ (на прикладі рисового борошна)

Кількість титранту	Кількість зв'язаних іонів					
	$H^+$ , моль/кг			$OH$ , моль/кг		
	Варіант А	Варіант Б	Δ	Варіант А	Варіант Б	Δ
з додаванням 0,05% ТГ						
0,5 мл	79,25	39,95	39,30	59,93	39,98	19,95
1,0 мл	124,16	79,92	44,24	125,03	79,98	45,05
5,0 мл	503,55	390,83	112,72	174,54	159,91	14,63
з додаванням 3,0% желатину та 0,05% ТГ						
0,5 мл	85,10	39,78	45,32	73,71	39,99	33,72
1,0 мл	139,92	79,71	60,21	140,12	79,99	60,13
5,0 мл	541,59	391,04	150,55	180,25	160,00	20,25

Розходження між даними варіантів А та Б зі зниженням рН у кислий бік було більш суттєвим. Це узгоджується з даними щодо взаємодії між амінокислотами лізином та глютаміновою кислотою, які здатні до зв'язування іонів  $H^+$  і  $OH$  відповідно. Оскільки кількість їх вільних залишків за додавання ТГ зменшувалась (бо вони взаємодіють один з одним), тому й кількість зв'язаних іонів (варіант Б) була меншою, ніж вони здатні зв'язувати.

Пояснити отримані дані дозволяє аналіз поведінки лізину і глютамінової кислоти (які є учасниками реакції під впливом ТГ) у розчині під час титрування. Глютамінова кислота надає білку кислих властивостей; дисоціація її карбоксильних груп є джерелом негативних електричних зарядів на поверхні білкової молекули. Тобто її здатність зв'язувати вільні іони  $OH$  виявляється в лужному середовищі. Амінокислота лізин здатна до протонування, надає білку лужних властивостей і виявляє себе, зв'язуючи вільні іони  $H^+$  в кислому середовищі. Застосування ферментного препарату ТГ модифікує нативну конформацію макромолекул білків, знижуючи кількість вільних залишків лізину та глютамінової кислоти, що виявляється у зміні іонозв'язувальної здатності під час титрування як кислотою, так і лугом.

Тривалість процесу клейстеризації водно-борошняної суспензії за додавання ТГ практично не змінювалась, але за додавання желатину разом з ТГ суттєво гальмувалась (розпочиналась за близьких до контрольного зразка температур, а закінчувалась за більш високих температур). Очевидно, це пов'язано з підвищенням водопоглинальної здатності білкових молекул в присутності ТГ внаслідок утворення більш розвинутої гетерогенної структури. Одночасно зни-

жувалась максимальна в'язкість (на 120...250 од.ам.) та швидкість зростання в'язкості. За додавання Геліос-11 та Сканпро Т95 максимальна в'язкість суспензій зменшувалась дуже незначно, але в присутності ТГ збільшувалась. Швидкість зростання в'язкості була дещо більшою порівняно з желатином, проте, контрольний зразок не перевищувала. Знижувались також температурні межі початку та закінчення процесу клейстеризації за додавання Геліос-11 порівняно з желатином.

**У п'ятому розділі** «Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів» обґрунтовано спосіб введення добавок, режими тісто ведення і вплив рецептурних компонентів на якість хліба, визначено оптимальні режими виробництва, запропоновано технологічну схему, проведено кваліметричну оцінку якості виробів при виробництві і під час зберігання, застосовано систему НАССР для визначення безпеки нової продукції.

Добавки проявляли високу ефективність в присутності цукру, олії, яєць. Збільшення кількості цукру призводило до зменшення питомого об'єму хліба, що пов'язано з пластифікуючою дією цукру та зниженням бродильної активності дріжджів. Олія меншою мірою (порівняно з цукром) призводила до зниження питомого об'єму хліба. Використання яєць помітно поліпшувало структуру хліба та питомих об'єм, виконуючи роль додаткового структуроутворювача. За наявності добавок досліджуваний показник зростав на 15...20% порівняно з контрольним зразком без яєць. Додавання ТГ та желатину посилювало позитивний ефект, збільшуючи питомих об'єм на 40...55%.

За результатами повнофакторного експерименту ПФЕ 2<sup>3</sup> та процедурою оптимізації за методом Бокса-Уїлсона встановлено параметри приготування тіста з безглютенового борошна (суміш рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 1:1): з додаванням желатину і трансглютамінази – температура рідкої фази тіста – 38...42°C, вологість тіста – 49,5...50,2%, тривалість бродіння тіста – (35...55) × 60с; з додаванням Геліос-11 та ТГ – 40...41,5 °С, 48...49%, (40...60) × 60с відповідно.

Запропонована узагальнена технологічна схема виробництва безглютенової хлібопекарської продукції (рис.7). На відміну від традиційного безопарного способу виробництва хліба, в даній схемі передбачено: приготування водних розчинів желатину та ТГ; підвищення температури замісу (38...42°C); поєднання операцій бродіння тіста і розстоювання заготівель (у формах для випікання хліба). Якщо застосовувати КВБ, Геліос-11 або Сканпро Т95, то слід звільнити їх від упаковки та з'єднати з борошном у співвідношенні 1:5, ретельно перемішати. Отриману суміш знову додати до борошна у співвідношенні приблизно 1:10 і також перемішати.



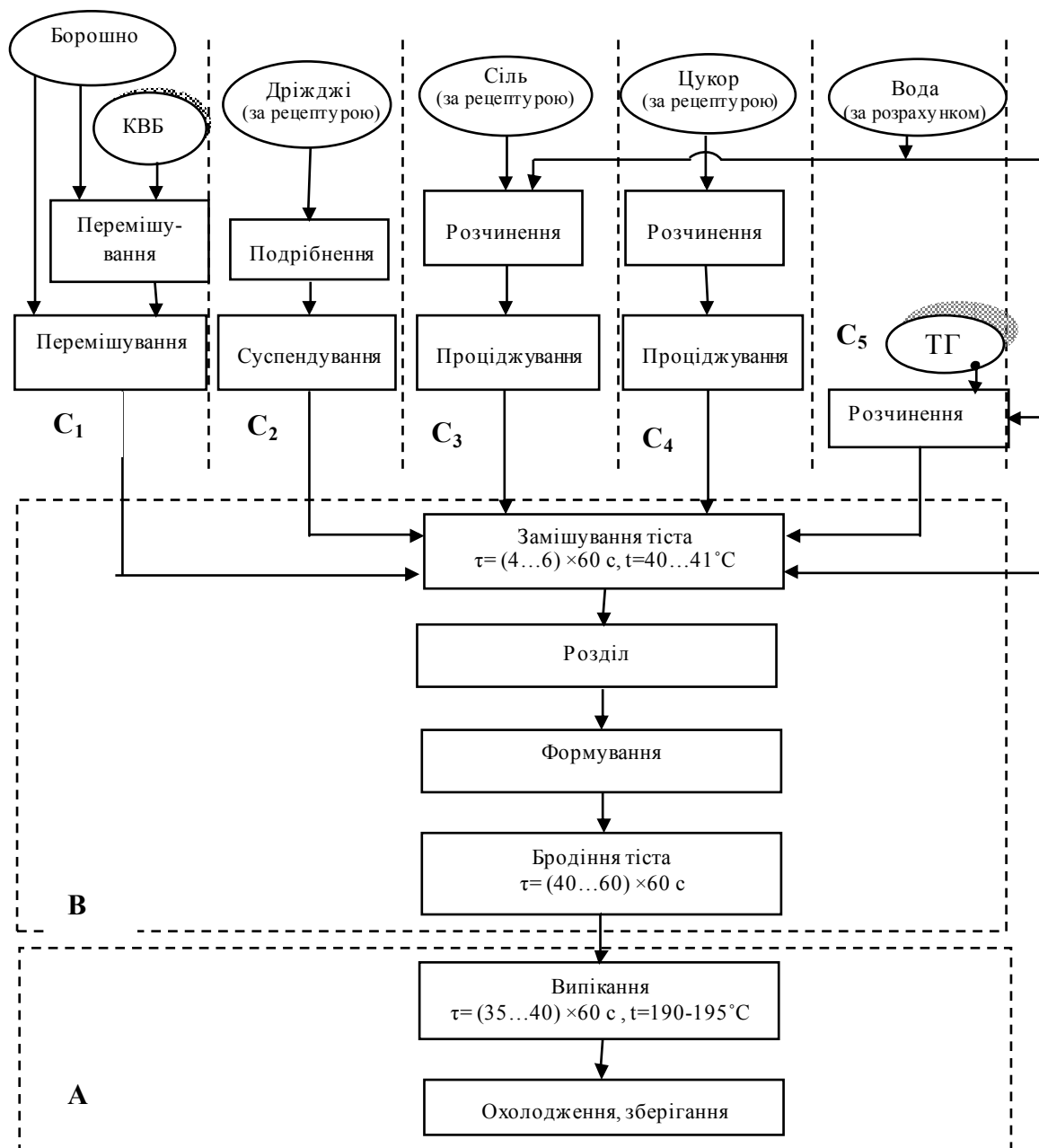


Рис.7 Узагальнена технологічна схема виробництва безглютенових хлібо-булочних виробів (технологічні режими – при застосуванні желатину та ТГ): А – підсистема утворення хлібобулочних виробів; В – підсистема утворення тістових заготовок заданої якості; С<sub>1</sub> – підсистема підготовки борошняної сировини; С<sub>2</sub> - підсистема підготовки дріжджів; С<sub>3</sub>, С<sub>4</sub> – підсистема приготування сольового та цукрового розчинів відповідно; С<sub>5</sub> – підсистема підготовки ферменту ТГ

Розроблено рецептури і визначено технологічні режими приготування наступних безглютенових хлібобулочних виробів: хліб «Гурман», хлібець «Расти большой», булочки «Псельська» та «Тополя». Комплексний показник якості складає: для хліба «Гурман» з безглютенової борошняної суміші без добавок 0,86, з добавкою Геліус-11 – 1,06, з добавкою Геліус-11 та ферментом ТГ – 1,15. Комплексна оцінка якості дорівнює: булочка «Псельська» – 1,02, булочка «Тополя» – 1,05, хлібець «Расти большой» – 1,17.

У шостому розділі «Ефективність впровадження та практичне значення наукової розробки» наведено основні результати розрахунку економічної ефективності, дані щодо впровадження нової технології та соціальне значення наукової розробки.

Економічний ефект від упровадження інноваційної технології безглютенових хлібобулочних виробів на хлібопекарських підприємствах дорівнює 2500 грн. на 1 т готових виробів.

На сьогоднішній день безглютенова продукція стає більш доступною для споживачів, зокрема хворих на целиакію, оскільки на вітчизняному ринку зарубіжних виробників вона є в невеликих кількостях і досить коштозна (перевищує вартість хлібобулочних виробів з пшеничного борошна у 2...4 рази). Впровадження запропонованих технологій і поліпшуючих добавок призводить до наступних ефективних змін у виробництві безглютенової продукції та її якості: знижується собівартість випеченої продукції внаслідок використання безглютенової борошняної сировини; підвищується харчова цінність готової продукції та водночас зростає попит широких верств населення на даний вид продукції.

## ВИСНОВКИ

1. Узагальнення світового наукового і практичного досвіду вказує на перспективність застосування ферментних препаратів для регулювання технологічних властивостей безглютенової борошняної сировини та обмеженість експериментальних досліджень з цього питання, що свідчить про необхідність подальших ґрунтовних наукових досліджень у цьому напрямку. Доведено ефективність використання додаткових джерел білка сумісно з ферментом трансглютаміназою для поліпшення хлібопекарських властивостей безглютенових видів борошна, структурно-механічних властивостей тіста та якості хліба.

2. Обґрунтовано доцільність застосування борошняних сумішей для виробництва безглютенової хлібопекарської продукції. В якості базового компоненту суміші в кількості не менше 50% рекомендовані рисове, кукурудзяне та вівсяне борошно. Застосування кукурудзяного борошна в кількості 30% і більше потребує попереднє заварювання для запобігання надмірної крихкості м'якушки хліба.

3. В якості коректора структури безглютенових хлібобулочних виробів рекомендовано трансглютаміназу сумісно з білками, до яких вона виявляє високу реакційну здатність – желатин, Геліос-11, Сканпро Т95. За ефективністю дії на структуру безглютенового хліба з додаванням трансглютамінази реверсний ряд виглядає наступним чином: Геліос-11 > Сканпро Т95 > желатин. Питомий об'єм хліба збільшується на 40...45%, пористість на 10...12%. Рекомендована кількість білкових добавок – 1...2%, ферменту трансглютамінази – 0,05...0,10% до маси борошна.

4. Встановлено посилення пружно-еластичних та зниження пластичних характеристик тіста, зниження розпливання тіста, зменшення міцності адгезії тіста на 23...25%. Ефективність дії трансглютамінази підвищується за температури 45 °С.

Виявлено, що здатність тіста накопичувати та зброджувати цукри незначно (на 5...8 %) гальмується за наявності ферменту трансглютаміназа. Доведено здатність ферменту посилювати вологоутримувальну здатність безглютенового тіста.

5. В присутності рекомендованих добавок посилюється інтенсивність валентних коливань C=O-груп та плоских деформаційних коливань СН-груп. Доведено неадитивне зв'язування іонів  $H^+$  і OH, що вказує на взаємодію між добавками і борошном. Застосування ферменту модифікує нативну конформацію макромолекул білків, знижуючи кількість вільних залишків лізину та глютамінової кислоти, що виявляється у зміні іонозв'язувальної здатності водно-борошняних суспензій.

Тривалість процесу клейстеризації водно-борошняних суспензій безглютенового борошна за додавання добавок незначно зменшується, а максимальна в'язкість клейстерів знижується. Це пов'язано з підвищенням водопоглинальної здатності білкових молекул.

6. Спосіб введення Геліос-11 та Сканпро Т95 передбачає застосовувати їх у вигляді сухих порошків шляхом дво- або трикратного попереднього змішування з борошняною сировиною на етапі підготовки сировини; водний розчин желатину доцільно застосовувати в якості рідкої фази тіста; фермент трансглютаміназа рекомендовано розчиняти у воді з подальшим використанням для замісу тіста або суспендування дріжджів.

Встановлено, що добавки виявляють високу ефективність дії в присутності цукру, олії, яєць. Додавання ферменту та білкових добавок збільшує питомих об'єм хліба на 40...55%.

7. Оптимальними параметрами приготування тіста з безглютенового борошна (суміш рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 1:1) з додаванням желатину і трансглютамінази є такі: температура рідкої фази тіста – 38...42°C, вологість тіста – 49,5...50,2%, тривалість бродіння тіста – (35...55) × 60с. Обґрунтовано параметри приготування тіста з додаванням Геліос-11 і трансглютамінази: температура рідкої фази тіста – 40...41,5°C, вологість тіста – 48...49%, тривалість бродіння – (40...60) × 60с.

Розроблено схему однофазного способу виробництва безглютенових хлібобулочних виробів, в якій, окрім застосування добавок, передбачено підвищення температури замісу до 38...42°C, вологості тіста до 48...50% та поєднання операцій бродіння тіста і розстоювання заготівель у формах. Розраховано комплексні показники якості нових виробів: булочка «Псельська» – 1,02, булочка «Тополя» – 1,05, хлібець «Расти большой» – 1,17, хліб «Гурман» – 1,15. Стискаємість розроблених видів безглютенового хліба через 72 год зберігання дорівнює хлібу без добавок через 24 год зберігання. Проте, подовжувати терміни зберігання нової продукції не рекомендовано через більш високу вологість виробів.

8. Розроблено і затверджено нормативну документацію: ТУ У 10.7 – 04718013 – 007:2014 «Вироби хлібобулочні аглютенові з використанням трансглютамінази і тваринних білків», технологічні інструкції «З виробництва хліба та хлібців аглютенових з використанням трансглютамінази і тваринних білків»

та «З виробництва виробів булочних аглютоєнових з використанням трансглютамінази і тваринних білків». Економічний ефект від впровадження результатів роботи на підприємстві складає 2500 грн. при реалізації 1 т продукції (в цінах на 6.10.2014р.).

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Shanina O. Production challenges of enriched flour products / O. Shanina, K. Dugina, V. Zverev, T. Gavrish, M. Domahina, N. Lobacheva // Materials of the III International and Practice Conferenc. «European Science and Technology». – Munich, Germany, 2012. – Vol.1. – P. 248–252.
2. Лобачева Н. Л. Технологічні аспекти формування структури виробів з безглютоєнної борошняної сировини / Н. Л. Лобачева, О. М. Шаніна // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: матер. XIII Міжнародної науково-практичної конференції 7 листопада 2013р. – Харків, 2013. – С.71–79.
3. Shanina O. Animal proteins and enzymes—effective dough and bread improvers [Електронний ресурс] / O. Shanina, T. Gavrish, M. Domahina, N. Lobacheva, I. Shanina / 104th AOCS Annual Meeting&Expo, 2013. – Режим доступу: <http://www.aocs.org/archives/am2013/showarea> – Загл. з екрану.
4. Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютоєнового хліба / Н. Л. Лобачова, О. М. Шаніна: матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ. – Суми, 2013. – Т. III. – С.159.
5. Lobacheva N. Rheology, baking and organoleptic characteristics of breads from different gluten-free flours with transglutaminase and proteins upplements / N. Lobacheva, O. Shanina, K. Dugina, T. Gavrish: Proceedings of 8th CIGR Internat. Tech. Symposium Section VI “Advanced Food Processing” incorporating 1st International Congress on Contemporary Food Science and Engineering. – Guangzhou, China, 2013. – P. 31.
6. Пат. № 86050 Україна, МПК А21D 10/00 (2006.01). Спосіб виробництва безглютоєнового хліба / Шаніна О. М., Лобачева Н. Л., Гавриш Т. В.; заявник та патентовласник Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка.— № u201307689; заявл.17.06.2013р. опубл. 10.12.2013 р., Бюл. № 23. – 4 с.
7. Шаніна О. М. Вивчення впливу ферменту трансглютаміназа на конфірмаційний стан білків борошняного тіста / О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова // Наукові праці ОНАХТ. Серія: Технічні науки / Одеська національна академія харчових технологій. — Вип. 44. Т.1. – Одеса, 2013. – С.135–139.
8. Шаніна О. М. Дослідження іонозв’язувальної здатності білків безглютоєнового борошняного тіста за додавання трансглютамінази / О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. Праць ДонУЕТ. – Вип.32. – Донецьк, 2014. – С.136–143.
9. Шаніна О. М. Дослідження впливу трансглютамінази та білкових добавок на вологоутримувальну здатність безглютоєнового борошняного тіста / О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Сучасні напрям-

- ки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. – Вип. 152. – Харків, 2014. – С. 243–250.
10. Шаніна О. М. Вологоутримувальна здатність борошняного тіста з додаванням ферменту трансглютамінази / О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова, В. О. Зверев // Наукові праці ОНАХТ. Серія: Технічні науки / Одеська національна академія харчових технологій. – Вип. 46. Т.1. – 2014. – С.153–157.
  11. Шаніна О. М. Вплив ферменту трансглютамінази на властивості білків борошна / О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова, В. О. Зверев // Восточно-Европейский журнал передових технологій. – 2014.– 5/11 (71). – С.28–33.
  12. Шаніна О. М. Поліпшення якості безглютенового хліба за допомогою білкових добавок та трансглютамінази / О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: міжнар. наук.-практ. конф., 22-23 травня 2014 р. - К: НУХТ, 2014. – С.122.
  13. Лобачова Н. Л. Особливості процесу клейстеризації крохмалю кукурудзяного борошна, обробленого трансглютаміназою / Н. Л. Лобачова, Г. Варако, О. М. Шаніна // Проблеми формування здорового способу життя у молоді: збірник матер. VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів з міжнародною участю, 4-5 листопада 2014 р. – Одеса: ОНАХТ, 2014. – С.99.
  14. Шаніна О. М. Вивчення деформаційних процесів у безглютеновому тісті / О. М. Шаніна, Н. Л. Лобачова, А. О. Ліфенцева // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві: міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція, 12-14 листопада 2014 р. – Харків: ХДУХТ, 2014. – С.143–144.
  15. Лобачова Н. Л. Обґрунтування режимів тістоведення в технології безглютенового хліба / Н. Л. Лобачова, О. М. Шаніна // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості: міжнар. наук. конф., 13 – 17 жовтня 2014 р. – К: НУХТ, 2014. – С.77.
  16. Лобачева Н. Л. Практика и перспективы применения фермента трансглютаминаза для регулирования свойств мучных продуктов / Н. Л. Лобачева, В. А. Зверев, В. А. Алексенко, О. Н. Шанина // Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства: междунар. науч.-практ. конф., 16-17 октября 2014 г. – Алматы: АТУ, 2014. – С. 148.

*Особистий внесок здобувача:* підготовка об'єктів дослідження, проведення експериментальних досліджень, опрацювання одержаних результатів [1-15], підготовка об'єктів дослідження, проведення експериментальних досліджень, аналіз та систематизація результатів досліджень, підготовка матеріалів до публікації [3-8], підготовка об'єктів дослідження, проведення експерименту, опрацювання одержаних результатів, проведення патентного пошуку, підготовка заявки на корисну модель [6]; підготовка об'єктів дослідження, опрацювання та узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків та підготовка матеріалу до публікації [13-14].

## АНОТАЦІЯ

**Лобачова Н. Л. Технологія безглютенових хлібобулочних виробів з використанням колагенвмісних білків та трансглютамінази. – Рукопис.**

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, 2015 р.

Дисертацію присвячено актуальному для хлібопекарської галузі завданню удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів з використанням колагенвмісних білків та трансглютамінази, які дозволяють суттєво підвищити якість хліба за рахунок поліпшення структури виробів та їх зовнішнього вигляду.

Систематизовано літературні дані щодо целиакії як хвороби і безглютенового харчування як засобу її лікування, представлено сучасні методи підвищення технологічного потенціалу борошняної сировини та проаналізовано досвід застосування ферментів для регулювання її властивостей. Вказано перспективи та ефективність використання трансглютамінази для створення сучасних продуктів харчування, в тому числі безглютенових хлібобулочних виробів.

Обґрунтовано доцільність сумісного застосування борошняних сумішей, трансглютамінази та колагенвмісних білків, до яких вона виявляє високу реакційну здатність (желатин, Геліос-11, Сканпро Т95). Експериментально підтверджено, що застосування добавок-коректорів структури дозволяє суттєво поліпшити питомий об'єм хліба, його пористість та смакові властивості.

Визначено вплив трансглютамінази разом з колагенвмісними білковими добавками на реологічні, мікробіологічні та гідратаційні властивості безглютенового тіста. Досліджено їх вплив на білково-протеїназний комплекс борошна та гідротермічні властивості крохмалю.

Розраховано комплексну оцінку якісних видів безглютенових хлібобулочних виробів та показано її високий рівень порівняно з традиційними виробами. Здійснено комплекс заходів з розробки нормативної документації на нову продукцію, її апробації та впровадження в харчовій галузі. Визначено економічний ефект від впровадження нової технології на підприємствах галузі.

**Ключові слова:** целиакія, безглютенове борошно, трансглютаміназа, колагенвмісні білкові добавки, хліб.

## АННОТАЦИЯ

**Лобачева Н. Л. Технология безглютеновых хлебобулочных изделий с использованием коллагенсодержащих белков и трансглютаминазы. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.01 – Технология хлебопекарных продуктов, кондитерских изделий и пищевых концентратов. – Харьковский государственный уни-

верситет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2015.

Диссертация посвящена актуальной для хлебопекарной отрасли задаче совершенствования технологии безглютеновых хлебобулочных изделий с использованием коллагенсодержащих белков и транsgлутаминазы, которые позволяют существенно повысить качество хлеба за счет улучшения структуры изделий и их внешнего вида.

Обоснована целесообразность совместного применения мучных смесей, транsgлутаминазы и коллагенсодержащих белков, к которым она проявляет высокую реакционную способность (желатин, Гелиос-11, Сканпро Т95). По эффективности воздействия на структуру безглютенового хлеба с добавлением транsgлутаминазы установлен реверсный ряд: Гелиос-11 > Сканпро Т95 > желатин. Удельный объем хлеба увеличивается на 40...45%, пористость на 10...12%. Рекомендованное количество белковых добавок – 1...2%, транsgлутаминазы – 0,05...0,10% к массе муки.

Определено влияние транsgлутаминазы и коллагенсодержащих белковых добавок на реологические, микробиологические и гидратационные свойства безглютенового теста. Отмечено усиление упруго-эластичных и снижение пластических характеристик теста, снижение его расплываемости и уменьшение прочности адгезии. Выявлено незначительное снижение способности теста накапливать и сбраживать сахара. Показана способность фермента усиливать влагоудерживающую способность безглютенового теста.

Определено влияние добавок на белково-протеиновый комплекс муки и гидротермические свойства крахмала. В присутствии рекомендованных добавок усиливается интенсивность валентных колебаний С=О- групп и плоских деформационных колебаний СН-групп. Доказана неаддитивность связывания ионов Н<sup>+</sup> и ОН, что указывает на взаимодействие между добавками и безглютеновым мучным сырьем. Применение фермента модифицирует нативную конформацию макромолекул белков, снижая количество свободных остатков лизина и глутаминовой кислоты, что проявляется в изменении ионосвязывающей способности водно-мучных суспензий. Продолжительность процесса клейстеризации водно-мучных суспензий безглютеновой муки в присутствии добавок незначительно уменьшается, а максимальная вязкость клейстера снижается, что связано с повышением водопоглощающей способности белковых молекул.

Обоснован способ введения Гелиос-11 и Сканпро Т95 (в виде сухих порошков путем двух- или трехкратного предварительного смешивания с мучным сырьем на этапе подготовки сырья), желатина (в виде водного раствора) и транsgлутаминазы (растворять в воде) с последующим использованием для замеса теста или суспендирования дрожжей. Разработана схема однофазного способа производства безглютенового хлеба.

Разработана и утверждена нормативная документация: ТУ У 10.7 - 04718013 - 007: 2014 «Изделия хлебобулочные аглютеновые с использованием транsgлутаминазы и животных белков», технологические инструкции «По производству хлеба и хлебцев аглютеновых с использованием транsgлутаминазы и животных белков» и «По производству изделий булочных аглютеновых с

использованием трансглютаминазы и животных белков». Внедрение осуществлено на предприятии «Хлебопищекомбинат» Краснопольского райпотребсоюза Сумской области.

Рассчитана экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии в производство.

**Ключевые слова:** целиакия, безглютеновая мука, трансглютаминаза, коллагенсодержащие белковые добавки, хлеб.

## ANNOTATION

**Lobachova N.L. Technology of non-gluten bakery products with the use of collagen proteins and transglutaminase. – Manuscript.**

Thesis for the scientific degree of Candidate of technical sciences in specialty 05.18.01 – Technology of bakery products, confectionery and concentrated food. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2015.

The thesis is devoted to the relevant task for bakery area, namely the improvement of non-gluten bakery products technology with the use of collagen proteins and transglutaminase, which allows to raise substantially the quality of bread at the expense of improvement of goods structure and its external view.

Literature facts as for celiac disease and non-gluten food as a method of its treatment are systematized. Modern methods of technological potential increase of flour raw material and the experience of enzyme using for the regulation of its qualities are shown and analyzed. The prospects and effectiveness of transglutaminase use for the making of modern foodstuff, including non-gluten bakery products, are pointed out.

The relevance of combined use of flour mixtures, transglutaminase and collagen proteins, to which it has a high reactivity (gelatin, Gelios-11, Skanpro T95) is proved. It is confirmed experimentally that the use of additives as a structure correctors allows to improve specific volume of bread, its porosity and taste qualities.

Influence of transglutaminase together with collagen protein additives on the rheological, microbiological and hydration qualities of non-gluten dough is defined. Its influence on the protein complex of flour and hydrothermal qualities of starch is researched.

Complex evaluation of quality kinds of non-gluten bread is estimated and its high level in comparison with traditional products is shown. A complex of measures is fulfilled as for development of normative documents for new production, its approbation and introduction. The economic effect of new technology introduction on the enterprises of food sector is determined.

**Key-words:** celiac disease, non-gluten flour, transglutaminase, collagen protein additives, bread.