

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ГРИЩЕНКО АННА МИКОЛАЇВНА**

УДК 664.665

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА  
З БЕЗГЛЮТЕНОВОЇ СИРОВИНИ**

05.18.01 – Зберігання і технологія переробки зерна,  
виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Київ - 2011**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
член-кореспондент НААН  
**Дробот Віра Іванівна,**  
Національний університет харчових технологій,  
професор кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Арсеньєва Лариса Юрїївна,**  
Національний університет харчових технологій,  
декан факультету технології оздоровчих продуктів  
і харчової експертизи

кандидат технічних наук, професор  
**Калакура Марія Михайлівна,**  
Відкритий міжнародний університет  
розвитку людини «Україна»,  
завідувач кафедри технології харчування

Захист відбудеться «\_\_» \_\_\_\_\_2011 р. о \_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.06 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

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

Автореферат розісланий «\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 р.

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

Ю.В. Камбулова

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Збільшення числа випадків захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин і виникненням алергій на компоненти харчових продуктів, спричинено спадковістю, погіршенням стану довкілля, нераціональним харчуванням. Особливо небезпечні та складні у лікуванні порушення обміну білкових речовин, що проявляються у погіршенні функціонування органів травлення і нирок, розладах центральної нервової системи, затримці фізичного розвитку. Одним з таких захворювань є целиакія. За цього захворювання порушується засвоєння поживних речовин у тонкому кишечнику. За даними ВООЗ, на целиакію страждає близько 1 % населення земної кулі. Хворі на целиакію зареєстровані в Україні.

Профілактика та лікування цього захворювання полягає, перш за все, у дотриманні спеціальних дієт. Це безглютенові або безбілкові дієти, в яких білок не містить гліадину, адже саме гліадин спричиняє виникнення алергічних реакцій у хворих на целиакію. Раціон харчування цих хворих дуже обмежений. Традиційні хлібобулочні вироби їм протипоказані, оскільки білки таких виробів містять гліадин.

Розширити асортимент продуктів харчування хворих на целиакію можна лише виготовленням безглютенової продукції. Розробленню і впровадженню виробів з безглютеновим білком багато уваги приділяють закордонні науковці.

В Україні дослідження щодо технології безглютенового хліба не проводилися. На цей час потреби населення в безглютенових продуктах забезпечуються за рахунок продукції іноземних фірм. До рецептур цих виробів включають сировину, яка не містить глютену: безглютенові види борошна, молочні та яєчні продукти, продукти переробки сої. Поряд з готовою продукцією, в Україну постачаються суміші для домашнього приготування хлібобулочних, кондитерських і макаронних виробів.

На цей час в Україні безглютеновий хліб не виробляють. Виготовляють невелику кількість хліба з низьким вмістом білка, але до його рецептури входить житнє борошно, що робить неможливим вживання цього хліба хворими на целиакію.

Таким чином, актуальним і своєчасним завданням є розробка технології безглютенового хліба з метою забезпечення дієтичним хлібом хворих на целиакію.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження проводилися відповідно до тематики науково-дослідної роботи кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів «Застосування нетрадиційної сировини і добавок з метою покращання хлібопекарських властивостей борошна, інтенсифікації технологічного процесу, надання виробам оздоровчої та профілактичної дії», яка координується із науковим напрямом НУХТ «Розроблення технологій харчових продуктів оздоровчої та профілактичної дії».

Автором особисто взято участь в експериментальних дослідженнях, проведено узагальнення та теоретичне обґрунтування результатів досліджень, роз-

роблено нормативну документацію, підготовлено матеріали до публікації.

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи було удосконалення технології безглютенового хліба для хворих на целиакію на основі безглютенової сировини.

Для досягнення мети роботи були поставлені такі завдання:

- дослідити хімічний склад і технологічні властивості безглютенової сировини, якість хліба з неї;
- встановити ефективність використання камедей гуару і ксантану для забезпечення структурно-механічних властивостей безглютенового тіста та їх вплив на якість хліба;
- дослідити доцільність використання рисового, кукурудзяного та гречаного борошна з метою покращання смакових якостей та харчової цінності безглютенового хліба;
- встановити вплив технологічних факторів на показники якості безглютенового хліба;
- дослідити вплив цукру на технологічний процес і якість готових виробів, визначити оптимальний вміст цукру в рецептурі безглютенових виробів;
- дослідити вплив тривалості замішування безглютенового тіста на якість хліба;
- дослідити та встановити раціональні способи приготування хлібопекарського тіста, яке не містить клейковини;
- оптимізувати основні технологічні параметри виробництва безглютенового хліба з рисовим, кукурудзяним і гречаним борошном;
- вивчити перебіг біохімічних і мікробіологічних процесів у безглютеновому тісті;
- дослідити структурно-механічні властивості тіста без клейковини з камедями гуару і ксантану, встановити вплив рисового, кукурудзяного і гречаного борошна на структурно-механічні властивості тіста;
- дослідити ступінь клейстеризації крохмальних зерен у безглютеновому хлібі під час випікання;
- визначити харчову і споживчу цінність безглютенового хліба, дослідити засвоюваність білкових речовин у ньому;
- розробити та затвердити нормативну документацію на нові види безглютенових виробів для спеціального дієтичного споживання, провести їх промислову апробацію.

*Об'єкт дослідження* – технологія хлібобулочних виробів для хворих на целиакію та фенілкетонурію.

*Предмет дослідження* – кукурудзяний крохмаль, картопляний крохмаль, камеді гуару і ксантану, кукурудзяне, рисове, гречане борошно, тісто і вироби з вищезазначеної сировини, а також процеси, які відбуваються під час їх приготування.

*Методи досліджень* – органолептичні, аналітичні, хімічні, фізико-хімічні, експериментально-статистичні, загально прийняті та спеціальні, виконані з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Запропоновано та експериментально доведено доцільність використання в рецептурі безглютенового хліба картопляного і кукурудзяного крохмалів для забезпечення утворення гладкої скоринки.

Пояснено теоретичні та практичні аспекти структуроутворення в безглютеновому тісті з камедями гуару і ксантану, які вступають в синергічну взаємодію.

Експериментально досліджено та теоретично обґрунтовано роль рецептурних компонентів у безглютеновому хлібопекарському тісті.

Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено закономірності перебігу колоїдних і біохімічних процесів у тісті без клейковини, встановлено вплив безглютенових видів борошна на перебіг основних процесів у ньому.

Вперше визначено ступінь перетравлення білків безглютенового хліба в умовах *in vitro* та залежність ступеню їх гідролізу від виду борошна в рецептурі.

Вперше визначено закономірності процесу черствіння безглютенового хліба з крохмалю. Результати досліджень стали підставою для встановлення рекомендованого терміну реалізації безглютенового хліба не більше 24 год.

Вперше комплексно вирішено проблему розробки дієтичного хліба зі знизеним вмістом білків, що не містить клейковини, для хворих на целиацію та фенілкетонурію

**Практичне значення одержаних результатів.** На підставі наукових досліджень розроблено та затверджено об'єднанням підприємств хлібопекарської промисловості «Укрхлібпром» нормативну документацію: рецептури та технологічні інструкції на хліб «Дієтичний безбілковий», виготовлений із суміші картопляного та кукурудзяного крохмалів, і на хліб «Безглютеновий з рисовим борошном», виготовлений з картопляного та кукурудзяного крохмалів з доданням рисового борошна. Розроблені види хліба призначені для спеціального дієтичного споживання хворими на фенілкетонурію та целиацію, що сприятиме розширенню асортименту продукції для дієтичного харчування.

Матеріали досліджень використовуються у навчальному процесі.

**Особистий внесок здобувача.** Автором особисто проведено експериментальні дослідження, одержано наукові результати щодо використання крохмалів, камедей та борошна круп'яних культур у виробництві безбілкового та безглютенового хліба.

Аналіз і узагальнення результатів досліджень, формулювання висновків, підготовка матеріалів до публікації проведено спільно з науковим керівником д.т.н., проф., чл.-кор. НААН Дробот В.І.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати проведених досліджень доповідались і обговорювались на 75 – 77-й наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ (м. Київ, 2009 – 2011 рр.), IX Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи»

(м. Київ, 2010 р.), VII Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів «Техника и технология пищевых производств» (м. Могильов, 2010 р.), I Міжгалузевій науково-практичній конференції «Актуальні проблеми безпеки харчування» (м. Донецьк, 2010 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття» (м. Харків, 2010 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі» (м. Харків, 2010 р.), X Міжнародній науково-практичній конференції «Хлібопродукти-2010» (м. Одеса, 2010 р.), VIII Міжнародній науковій конференції студентів і аспірантів «Техника и технология пищевых производств» (м. Могильов, 2011 р.).

Результати роботи апробовано й підтверджено у виробничих умовах пекарні ТОВ «Боярд-Плюс» (м. Боярка).

**Публікації.** За результатами дисертаційної роботи опубліковано 18 друкованих праць, з них 5 статей у фахових виданнях, перелік яких затверджений ВАК України, 1 стаття – в інших виданнях, 10 тез доповідей наукових конференцій, одержано 2 деклараційні патенти України на корисну модель.

**Структура дисертації та об'єм роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку бібліографічних джерел (220 найменувань) і додатків. Основні матеріали викладені на 161 сторінці основного тексту, містять 28 рисунків і 45 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та завдання досліджень, охарактеризовано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Наведено відомості про особистий внесок автора, апробацію та опублікування результатів.

**У першому розділі «Досвід виробництва безглютенових харчових продуктів. Необхідність удосконалення технології хліба, що не містить клейковини»** проведено огляд літератури за темою дисертації. Розглянуто проблематику захворювання на целиакію та фенілкетонурію, діагностування та методи лікування цих захворювань, розповсюдженість у світі та в Україні. Охарактеризовано безглютенову дієту та безглютенову продукцію як необхідні фактори в лікуванні хворих на целиакію. Розглянуто асортимент безглютенової дієтичної продукції світових виробників.

Проаналізовано досвід виробництва дієтичної продукції, яка не містить клейковини, а також продукції зі зниженим вмістом білків, визначено основні вимоги до її якості. Відмічено, що ці продукти мають низькі органолептичні показники якості, що потребує проведення досліджень і пошуку шляхів їх поліпшення. Охарактеризовано основну і додаткову сировину, дозволена в технології безбілкової та безглютенової дієтичної продукції.

**У другому розділі «Характеристика сировини та методів досліджень»** наведено стислу характеристику методів досліджень якості сировини, напівфабрикатів і готових виробів. Під час проведення досліджень і виробничих ви-

пробувань використовували картопляний і кукурудзяний крохмалі, рисове, кукурудзяне та гречане борошно, камеді виробництва швейцарської фірми UNIPEKTIN: камедь гуару (E412) і камедь ксантану (E415). Усі види сировини і харчових добавок відповідали вимогам чинної нормативної документації.

Якість сировини та напівфабрикатів оцінювали за загальноприйнятими і спеціальними методиками.

Пружно-еластичні властивості тіста оцінювали за допомогою валориграфа фірми «Brabender». В'язко-пластичні властивості тіста визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Вміст нелетких органічних кислот в тісті визначали методом М.І. Княгінічева і Г.А. Дерновської-Зеленцової.

Структурно-механічні властивості м'якушки готових виробів визначали на автоматичному пенетрометрі АП-4/1. Вміст вільної та зв'язаної вологи в м'якушці хліба визначали за допомогою дериватографа Q-1500 у діапазоні температур 25...250 °С, при швидкості нагрівання зразка 1,25 °С/хв. Аромат хліба оцінювали за методикою визначення вмісту бісульфітзв'язуючих речовин Р.Р. Токаревої та В.Л. Кретовича.

Перетравлюваність білкових речовин визначали *in vitro* за методикою Покровського О.О. та Єртанова І.Д.

Кожну серію дослідів виконували у три- і п'ятикратній повторності. Для обробки експериментальних даних застосовували методи експериментально-статистичного моделювання. Для розрахунку хімічного складу, індексу якості білків та ліпідів розроблених виробів використовували програмний комплекс «Ортіма», розроблений на кафедрі технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчових концентратів НУХТ спільно з кафедрою інформаційних систем НУХТ під керівництвом Арсенєвої Л.Ю.

**У третьому розділі «Дослідження технологічних властивостей безглютенової сировини та впливу її на якість хліба»** наведено результати досліджень хімічного складу і технологічних властивостей безглютенових видів сировини: кукурудзяного та картопляного крохмалів, рисового, кукурудзяного і гречаного борошна. Наведено результати пробного випікання з цих видів сировини.

Дослідження гранулометричного складу безглютенових видів борошна показало, що у рисовому і кукурудзяному борошні частинки розміром менше 219 мкм становлять 99,6 і 76,5 %, відповідно, тоді як у гречаному 55,4 % частинок знаходиться в межах 144...329 мкм. Зважаючи на вміст фракції розміром менше 144 мкм (59 %), можна зробити висновок, що рисове борошно характеризується найбільшою дисперсністю, а гречане найменшою.

За допомогою методу центрифугування визначили водопоглинальну здатність безглютенових видів сировини. Встановлено, що найменшу водопоглинальну здатність має кукурудзяний крохмаль (169 %), найбільшу – гречане борошно (357 %), що обумовлено більшим вмістом білків і клітковини у складі гречаного борошна.

Встановлено, що безглютенові види борошна містять менше власних цукрів, ніж пшеничне борошно вищого сорту, а також мають нижчу цукроутворювальну здатність. Дослідження газоутворювальної здатності рисового та кукурудзяного борошна показали відсутність або низьку активність амілолітичних ферментів у їх складі, про що свідчить відсутність другого піку на графіку динаміки газоутворення рисового борошна та незначний пік на графіку газоутворення кукурудзяного борошна. Газоутворювальна здатність рисового і кукурудзяного борошна за-

лежить від дисперсності частинок, оскільки для рисового борошна спостерігається найбільша швидкість виділення вуглекислого газу через 60 хв. бродіння, не зважаючи на найменший вміст власних цукрів. В гречаному борошні є активні амілолітичні ферменти, оскільки на графіку газоутворення для гречаного борошна спостерігається другий пік, який свідчить про пере-

будову ферментного апарату дріжджів на збродження мальтози, утвореної в результаті амілолізу крохмалю. Низькі хлібопекарські властивості безглютенової сировини стали передумовою внесення в рецептуру безглютенового хліба цукру в кількості 4 % для забезпечення процесів спиртового бродіння.

Враховуючи відсутність клейковини в безглютенових видах борошна для забезпечення структуроутворення в тісті додавали камеді гуару і ксантану в кількості 1 % (в сухому вигляді).

Встановлено (табл. 1), що в технології безглютенового хліба з крохмалю доцільно в рецептурі використовувати суміш кукурудзяного і картопляного крохмалів, при цьому масова частка картопляного крохмалю в рецептурі має становити не менше 20 %, що сприяє утворенню гладкої скоринки без тріщин.

Результати пробних випікань показали, що для забезпечення найкращих структурно-механічних властивостей безглютенового тіста, поліпшення структури пористості і збільшення питомого об'єму готових виробів досягається за умови використання в рецептурі камедей гуару і ксантану у співвідношенні 70:30.

Подовий безглютеновий хліб з крохмалю випікати недоцільно через низькі органолептичні показники якості та формостійкість.

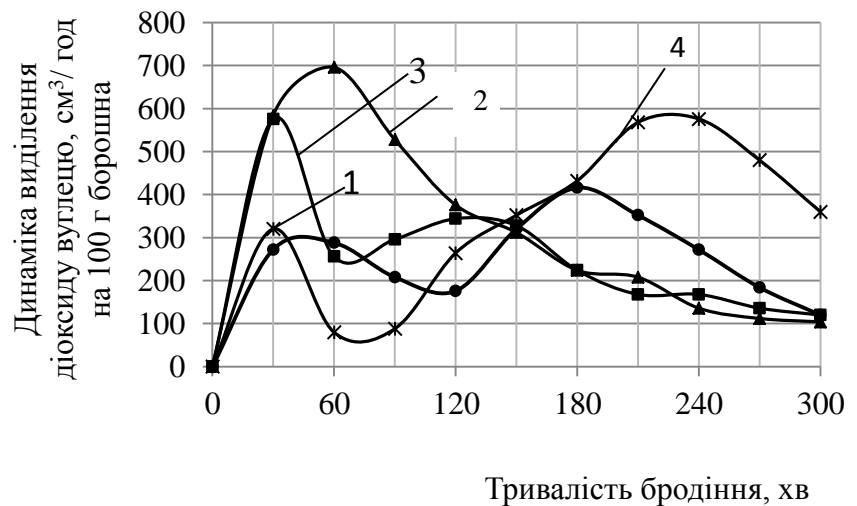


Рис.1. Динаміка газоутворення різних видів борошна: 1 – пшеничного; 2 – рисового; 3 – кукурудзяного; 4 – гречаного.

**Технологічні показники та якість безглютенового хліба у разі сумісного використання картопляного і кукурудзяного крохмалів**

Показник	Співвідношення у рецептурі кукурудзяного і картопляного крохмалю, %					
	100	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
<b>Тісто</b>						
Масова частка вологи, %	51,0	51,0	51,0	51,0	51,2	51,1
Кислотність, град.:						
- початкова	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
- кінцева	1,3	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1
Тривалість вистоювання, хв	60	60	60	60	60	60
Газоутворення за 60 хв бродіння, см <sup>3</sup> /100 г	280	280	274	272	272	274
Питомий об'єм тіста в кінці бродіння, см <sup>3</sup> /г	1,68	1,68	1,70	1,71	1,71	1,72
<b>Хліб</b>						
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	2,26	2,28	2,30	2,32	2,33	2,33
Співвідношення, Н/В формового хліба	0,43	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45
Кислотність, град	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Деформація м'якушки хліба, од. пенетрометра через:						
3 год	70	69	67	67	65	62
24 год	22	22	24	24	22	21
Збереження свіжості, %, через 24 год	31,4	32,0	33,0	33,0	33,8	34,4
Стан поверхні	З тріщинами і підривами		Гладка, без тріщин			
Колір м'якушки	Білий з жовтим відтінком		Білий з сірим відтінком	Білий з сірим відтінком	Сірий відтінок	
Структура пористості	Дрібна тонкостінна		Середня, тонкостінна	Середня, тонкостінна	Крупна, тонкостінна	

З метою дослідження впливу рисового, кукурудзяного та гречаного борошна на показники якості хліба проводили пробні випікання, в яких частину кукурудзяного крохмалю замінювали борошном. У тісті з борошном інтенсифікуються процеси бродіння і зменшується тривалість вистоювання тістових заготовок. Встановлено, що рисове борошно доцільно додавати до рецептури в кількості 30 %, при цьому якість хліба практично не погіршується. Кукурудзяне борошно доцільно додавати в кількості не більше 25 %. У разі використання гречаного борошна в хлібі утворюється товстостінна неоднорідна пористість м'якушки. Збільшення дозування гречаного борошна до 30 % призводить до

утворення пустот у м'якушці хліба, що значно погіршує органолептичні показники якості. Такий вплив гречаного борошна на стан м'якушки обумовлений високим вмістом водорозчинних білків і пентозанів у його складі. Встановлено, що гречане борошно слід додавати в рецептуру безглютенового хліба у кількості не більше 15 % замість крохмалю.

У четвертому розділі «Вплив технологічних факторів на якість безглютенового хліба» висвітлено результати досліджень впливу масової частки вологи у тісті, кількості цукру в рецептурі, тривалості замішування тіста та способу його приготування на показники якості хліба.

Встановлено, що у разі збільшення масової частки вологи в тісті з суміші крохмалів до 53 %, в тісті з рисовим та кукурудзяним борошном – до 54 %, а з гречаним – до 56 %, готові вироби під час зберігання деформуються. Очевидно, у разі збільшення масової частки вологи в тісті, прошарки колоїдного розчину камедей збільшуються і, як наслідок, збільшується відстань між частинками борошна і крохмалю, тому під час випікання не утворюються щільні стінки пор. Під час зберігання, внаслідок усихання, відстань між частинками зменшується, і хліб деформується.

Важливим фактором в технології безглютенового хліба є забезпечення спиртового бродіння в тісті, що обумовлено технологічними властивостями безглютенових видів сировини. За результатами досліджень встановлено, що доцільно додавати 4 % цукру до маси сипких компонентів рецептури за безопарного способу приготування тіста без бродіння.

Визначали вплив тривалості замішування безглютенового тіста з різними видами борошна на показники якості хліба (табл. 2).

Таблиця 2

**Показники якості безглютенового тіста та хліба  
з борошном круп'яних культур за умови різної тривалості замішування**

Показник	Тісто								
	з рисовим борошном (30%)			з кукурудзяним борошном (25%)			з гречаним борошном (15%)		
	Тривалість замішування, хв.								
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
<b>Тісто</b>									
Кислотність кінцева, град	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2
Тривалість вистоювання, хв	52	48	45	56	54	53	69	64	61
Газоутворення за час вистоювання, см <sup>3</sup> /100г	308	312	320	300	306	312	275	288	295
<b>Хліб</b>									
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г	2,35	2,40	2,44	2,30	2,40	2,41	2,02	2,10	2,20
Кислотність, град	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
Деформація м'якушки, од. пр.	63	69	71	57	62	69	49	52	60
Стан м'якушки	Еластична, розпушена			Сліди непропро-	Еластична, розпушена		Сліди непромісу		Без слідів непромісу

Встановлено, що для забезпечення утворення добре розпушеної, еластичної м'якушки хліба без слідів непромісу тісто з рисовим і кукурудзяним борошном доцільно замішувати 10 хв, а з гречаним – 15 хв. Внаслідок найбільшої крупності частинок гречаного борошна під час його внесення варто подовжувати тривалість замішування тіста. Тривале замішування сприяє кращому розподіленню компонентів тіста, набуханню частинок борошна та утворенню колоїдного розчину камедей.

Порівняльна оцінка способів приготування безглютенового тіста показала, що хліб з безглютенової сировини, за умови дозування цукру 4 %, доцільно готувати безопарним способом без бродіння. Подовження тривалості бродіння тіста призводить до зменшення питомого об'єму готових виробів внаслідок зниження інтенсивності газоутворення в тісті на стадії вистоювання тістових заготовок. Стан м'якушки при цьому не покращується.

Вивчення комплексного впливу технологічних факторів на якість хліба проводили за допомогою методу експериментально-статистичного моделювання. Визначали залежність питомого об'єму хліба ( $Y$ ) від величини дозування в рецептуру безглютенового борошна ( $X_1$ ), камедей ( $X_2$ ) та масової частки вологи в тісті ( $X_3$ ).

В результаті опрацювання експериментальних даних одержали наступні адекватні рівняння регресії для виробів з рисовим (а), кукурудзяним (б) і гречаним (в) борошном:

$$\text{а) } Y_1 = 2,372 - 0,042 \cdot X_1 - 0,013 \cdot X_2 + 0,012 \cdot X_3 - 0,022 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,015 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,009 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,003 X_1^2 - 0,112 \cdot X_2^2 - 0,006 X_3^2$$

$$\text{б) } Y_2 = 2,255 - 0,063 \cdot X_1 - 0,003 \cdot X_2 + 0,061 \cdot X_3 - 0,017 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,003 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,009 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,0081 \cdot X_1^2 - 0,005 \cdot X_2^2 - 0,02 \cdot X_3^2$$

$$\text{в) } Y_3 = 2,19 - 0,054 \cdot X_1 + 0,026 \cdot X_2 + 0,066 \cdot X_3 - 0,022 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,001 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,024 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,068 \cdot X_1^2 + 0,116 \cdot X_2^2 + 0,167 \cdot X_3^2$$

Оптимізація технологічного процесу методом Бокса-Уїлсона показала, що максимальне значення функції  $Y$  (питомий об'єм хліба) досягається за таких показників у натуральному вигляді:  $X_1 - 30$  %,  $X_2 - 1,0$  %,  $X_3 - 52$  %; для  $Y_2$ :  $X_1 - 25$  %,  $X_2 - 1,0$  %,  $X_3 - 52$  %; для  $Y_3$ :  $X_1 - 15$  %,  $X_2 - 1,0$  %,  $X_3 - 52$  %.

**У п'ятому розділі «Перебіг основних процесів у безглютеновому тісті»** викладено результати дослідження перебігу біохімічних і мікробіологічних процесів під час дозрівання безглютенового тіста, вивчено вплив добавок структуроутворювальної дії на процеси структуроутворення.

Дослідження газоутворення в безглютеновому тісті з борошном круп'яних культур підтвердило доцільність внесення в рецептуру цукру. На графіках газоутворення спостерігається лише один пік, що свідчить про збродження рецептурного цукру. Отримані закономірності газоутворення в безглютеновому тісті пояснюють зниження питомого об'єму хліба у разі приготування тіста безопарним способом. Очевидно, за безопарного способу приготування через 170 хв бродіння в безглютеновому тісті з борошном круп'яних культур міститься недостатня кількість цукрів для розпушення тістової заготовки.

Встановлено інтенсифікацію кислотонакопичення в безглютеновому тісті з борошном круп'яних культур внаслідок поліпшення живлення мікрофлори тіста за рахунок цукрів та амінокислот, які вносяться з борошном. Оскільки тривалість вистоювання тістових заготовок в середньому триває 60 хв, за кінцеву кислотність тіста приймали значення за цей час. Кислотність тіста з крохмалю становила 1,1 град, з борошном круп'яних культур на 0,2...0,5 град більше.

Активна кислотність в тісті з борошном круп'яних культур на 0,09...0,12 од. приладу менша порівняно з тістом з крохмалю, внаслідок буферних властивостей білків цього борошна. Вміст нелетких кислот в тісті з доданням борошна більший (табл. 3), що зумовлено інтенсифікацією життєдіяльності мікрофлори, яка продукує нелеткі кислоти.

Таблиця 3

### Вміст нелетких кислот у безглютеновому тісті, мг/100 г тіста

Показник	Безглютенове тісто			
	з суміші крохмалів (контроль)	з кукурудзяним борошном (25 %)	з рисовим борошном (30 %)	з гречаним борошном (15 %)
Молочна	50,0	90,3	85,2	93,5
Сума яблучної та бурштинової	8,2	14,6	13,3	15,2
Сума лимонної та винної	6,8	15,1	14,8	17,5

Накопичення нелетких кислот в тісті сприяє формуванню більш вираженого і приємного аромату хліба.

Для підтвердження синергічної взаємодії камедей гуару і ксантану в безглютеновому тісті за умови сумісного їх внесення, досліджували в'язкопластичні властивості модельних систем тіста з крохмалю, масова частка вологи в яких становила 62 % (рис. 2).

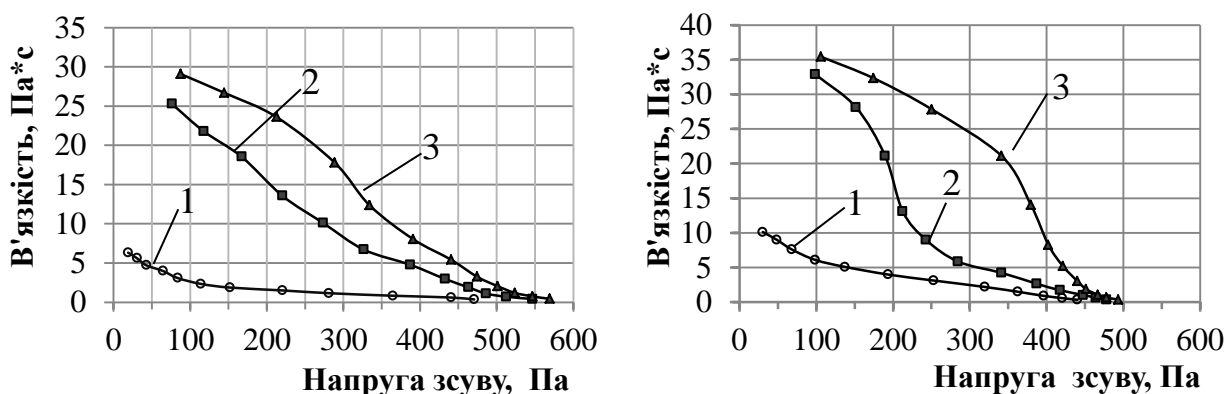


Рис. 2. Криві ефективної в'язкості модельних систем тіста з крохмалю: а – після замішування; б – через 60 хв ферментації; 1 – з камеддю гуару; 2 – з камеддю ксантану; 3 – з сумішшю камедей.

Встановлено, що ефективна в'язкість тіста з камеддю ксантану більша в

4 рази порівняно з тістом з камеддю гуара (табл. 4). В'язкість тіста з сумішшю камедей перевищувала цей показник для тіста з ксантановою камеддю, що свідчить про синергічну взаємодію цих камедей. Під час вистоювання в'язкість всіх зразків тіста підвищувалася, внаслідок поглинання води крохмалем і кращого набухання добавок структуроутворювальної дії. При цьому міцність системи зменшувалася.

Таблиця 4

#### Реологічні параметри модельних систем тіста з крохмалю з камедями

Добавка-згущувач, % до маси сипких компонентів	Показник					
	$\eta_{\max}$ , Па*с		$P_{\kappa}$ , Па		$P_{\tau}$ , Па	
	після замішування	через 60 хв	після замішування	через 60 хв	після змішування	через 60 хв
Камедь гуару, 1%	6	10	300	375	400	410
Камедь ксантану, 1 %	25	32	440	450	480	475
Суміш камедей гуару і ксантану(70:30), 1 %	29	35	490	470	520	495

Додання рисового, гречаного та кукурудзяного борошна в безглютенове тісто сприяє підвищенню ефективної в'язкості (табл. 5). Найбільшою в'язкістю характеризується тісто з гречаним борошном, внаслідок чого хліб з цим борошном за результатами пробного лабораторного випікання має найменший питомий об'єм.

Таблиця 5

#### Реологічні параметри досліджуваних модельних систем безглютенового тіста з борошном круп'яних культур

Рецептурна композиція	Показник					
	$\eta_{\max}$ , Па*с		$P_{\kappa}$ , Па		$P_{\tau}$ , Па	
	після замішування	через 60 хв.	після замішування	через 60 хв.	після замішування	через 60 хв.
З кукурудзяним борошном (25 %)	35	38	460	410	500	490
З рисовим борошном (30 %)	33	43	490	480	550	540
З гречаним борошном (15 %)	40	50	520	530	570	590

Розрідження тіста під час вистоювання не спостерігалось, міцність систем підвищувалася.

Дослідження пружно-еластичних властивостей тіста з крохмалю з доданням камедей (табл. 6), показало його низькі пружні властивості. Консистенція

тіста не досягала 500 од. приладу.

Через низькі пружні властивості безглютенового тіста подовий хліб за результатами пробного лабораторного випікання мав низькі органолептичні показники якості і формостійкість.

Таблиця 6

### Властивості тіста з крохмалів, визначені за допомогою фаринограм

Показник фаринографа	Внесено структуроутворювачів, % до маси суміші крохмалів		
	1 % камеді гуару	1 % камеді ксантану	0,7 % камеді гуару+ 0,3 % камеді ксантану
Добавлено води, см <sup>3</sup> /100 г суміші	82,0	82,0	82,0
Консистенція, од. пр.	340	400	360
Тривалість утворення тіста, хв	2	1	1,5
Стійкість тіста, хв	Консистенція тіста не змінюється		
Еластичність, од. ф.	75	125	112
Розрідження тіста, од. ф.	Не спостерігається		

У разі додання рисового, кукурудзяного і гречаного борошна, необхідно збільшувати кількість доданої води через підвищення водопоглинальної здатності тіста (табл. 7).

Таблиця 7

### Вплив безглютенових видів борошна на показники фаринограм тіста

Показники фаринографа	Контроль (суміш крох- малів)	З безглютеновим борошном		
		кукурудзяне (25 %)	рисове (30 %)	гречане (15 %)
Добавлено води, см <sup>3</sup> /100 г	82,5	91,3	91,3	98,0
Тривалість утворення тіста, хв	1,0	3,0	1,5	5,0
Стійкість тіста, ф.	Тісто не розріджується			
Консистенція, од. ф.	305	240	240	320
Еластичність, од. ф.	45	40	45	46
Розрідження тіста, од. ф.	Не спостерігається			

При збільшенні масової частки вологи в тісті його консистенція падає.

У шостому розділі «Споживчі характеристики та харчова цінність безглютенового хліба» наведено результати розрахунку хімічного складу нових видів виробів, дослідження збереження ними свіжості та перетравлення білкових речовин.

Дослідження стану крохмальних зерен у хлібі з кукурудзяного і картопляного крохмалів дало змогу встановити, що в скоринці хліба з кукурудзяного крохмалю крохмальні зерна не клейстеризовані, на відміну від хліба з картопляного крохмалю (рис. 3). На підставі аналізу дифрактограми скоринки хліба з суміші крохмалів можна стверджувати про більш глибоку клейстеризацію крохмальних зерен, ніж у зразку хліба з кукурудзяного крохмалю. Неповна клейс-

теризація крохмальних зерен у скоринці спричиняє появу тріщин на поверхні хліба.

Дослідження збереження виробами свіжості показали, що процес черствіння хліба відбувається в перші 24 год (рис. 4), тому рекомендовано реалізувати такий хліб протягом 24 годин, не більше. Методом термогравіметричного аналізу встановлено, що вміст зв'язаної води через 24 год після випікання в хлібі безглютеновому з кукурудзяним борошном на 7,8 %, у хлібі безглютеновому з рисовим борошном – на 4,7 %, у хлібі з гречаним борошном на 17,5 % вищий, ніж в хлібі з крохмалю. Зважаючи на показники кришкуватості м'якушки та зміни показників її деформації, борошно круп'яних культур незначно затримує процес черствіння в безглютеновому хлібі.

Вивчено залежність ступеня перетравлення білкових речовин залежно від виду борошна в рецептурі (рис. 5). Встановлено, що найбільша кількість вільних амінокислот накопичується під час гідролізу білків хліба з гречаним борошном, що обумовлено високим вмістом у гречаному борошні водорозчинних білків.

Визначення вмісту білків методом К'ельдаля в безглютеновому хлібі з крохмалю показали, що він не перевищує норм для групи безбілкових виробів для хворих фенілкетонурію – не більше 2,2 г/100 г сухих речовин (ДСТУ 4588:2006 «Вироби хлібобулочні спеціального діє-

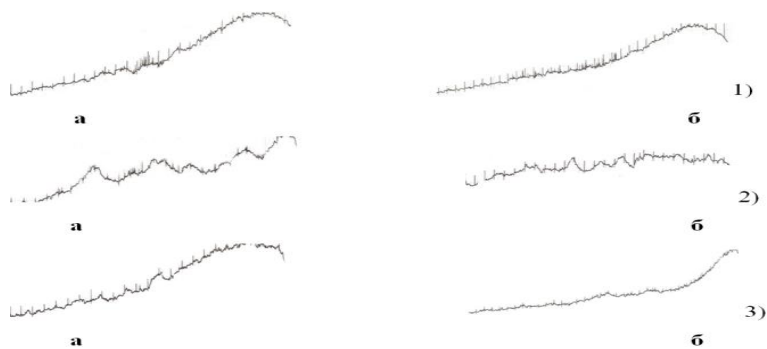


Рис.3. Дифрактограми скоринки (а) та м'якушки (б) безглютенового хліба: 1 – з картопляного крохмалю; 2 – з кукурудзяного крохмалю; 3 – з суміші картопляного і кукурудзяного крохмалів.

на 4,7 %, у хлібі з гречаним борошном на 17,5 % вищий, ніж в хлібі з крохмалю.

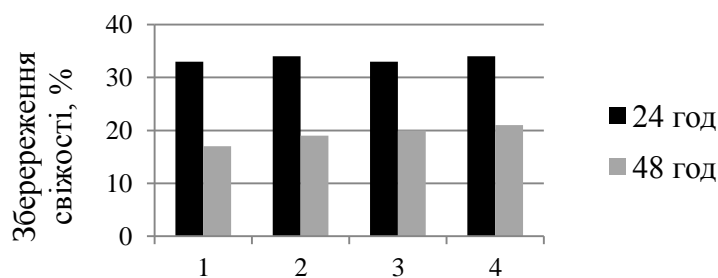


Рис. 4. Збереження свіжості безглютенового хліба: 1- з крохмалю; 2 – з рисовим борошном; 3 – з кукурудзяним борошном; 4 – з гречаним борошном.

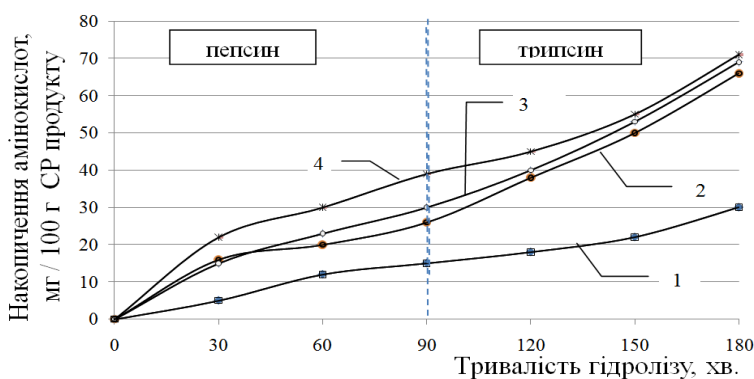


Рис. 5. Накопичення вільних амінокислот під час гідролізу білків безглютенового хліба *in vitro*: 1 – з крохмалю; 2 – з рисовим борошном; 3 – з кукурудзяним борошном; 4 – з гречаним борошном.

тичного споживання»), тому цей хліб можна рекомендувати для вживання хворим на фенілкетонурию. У разі додання до рецептури такого хліба 7 % рисового борошна замість крохмалю, вміст білка також не перевищує вказаних норм для безбілкових хлібобулочних виробів.

Результати розрахунку хімічного складу безглютенового хліба показали підвищення вмісту білків, жирів, мінеральних речовин та клітковини в хлібі з борошном (табл.8).

Таблиця 8

**Хімічний склад 100 г хліба**

Складові	Безбілковий (з крохмалю)	Хліб безглютеновий		
		з кукурудзяним борошном (25 %)	з рисовим борошном (30 %)	з гречаним борошном (15 %)
Білки, г	0,74	1,85	1,85	1,81
Жири, г	2,30	2,95	2,14	2,25
Вуглеводи, г	56,69	50,95	52,13	50,11
Харчові волокна, г	-	0,38	0,07	0,10
Мінеральні речовини, мг				
калій	20,80	70,00	26,02	22,49
кальцій	28,35	27,20	24,63	24,49
магній	1,05	19,86	6,44	3,68
фосфор	57,34	94,56	60,85	56,15
залізо	0,08	0,76	0,32	0,75
Вітаміни, мг				
В <sub>1</sub> (тіамін)	0,011	0,079	0,052	0,050
В <sub>2</sub> (рибофлавін)	0,013	0,035	0,035	0,030
РР (ніацин)	0,216	0,534	0,206	0,200
Енергетична цінність, ккал	236,10	225,36	222,60	215,47

**ВИСНОВКИ**

За результатами проведених теоретичних і експериментальних досліджень удосконалено технологію безглютенового хліба з крохмалю та з доданням безглютенових видів борошна – рисового, кукурудзяного і гречаного.

Основні результати проведених досліджень такі:

1. На основі теоретичних та експериментальних досліджень хімічного складу і технологічних властивостей безглютенових видів борошна: рисового, кукурудзяного та гречаного встановлено, що в цих видах борошна вміст білків становить відповідно 6,8; 7,6; 13,0 %; крохмалю 80,8; 71,8; 69,8 %; клітковини 0,4; 0,71; 1,0 %, жирів 0,8; 1,1; 2,2 %. Дисперсність рисового борошна 144 мкм, кукурудзяного 144...219 мкм, гречаного 144...264 мкм. Внаслідок різного хімічного складу та дисперсності ці види борошна мають різну водопоглинальну здатність: рисове – 227 %, кукурудзяне – 240 %, гречане – 357 %. Кукурудзяний і картопляний крохмалі, порівняно з борошном, мають значно меншу водопоглинальну здатність: 169 і 187 %, відповідно, що обумовлено незначним вмістом білків і відсутністю клітковини у їх складі.

2. Встановлено ефективність використання камедей гуару і ксантану для

забезпечення необхідних структурно-механічних властивостей безглютенового тіста. Дані досліджень показали доцільність використання камедей гуару і ксантану у співвідношенні 70:30, що сприяє підвищенню питомого об'єму хліба та утворенню кращої структури пористості, ніж у випадку використання цих камедей окремо.

3. Доведено, що з метою покращання смакових властивостей безглютенового хліба до його рецептури доцільно включати рисове борошно (не більше 30 %), кукурудзяне (не більше 25 %), гречане (15 %). Внесення більшої кількості призводить до значного зменшення питомого об'єму хліба.

4. Доведено, що в безглютенове тісто доцільно додавати 4 % цукру для забезпечення достатньої газоутворювальної здатності тіста, розпушення тістових заготовок і формування оптимальних смакових властивостей готових виробів.

5. Встановлено, що, зважаючи на крупнодисперсність гречаного і кукурудзяного борошна, для кращого розподілення компонентів у тісті та набухання частинок борошна, тривалість замішування тіста з гречаним борошном має бути не менше 15 хв, з кукурудзяним і рисовим – 10 хв, що забезпечує достатню якість безглютенових виробів.

6. Встановлено, що безглютенове тісто з крохмалю та з доданням борошна круп'яних культур доцільно готувати однофазним способом без бродіння.

7. Отримано математичні моделі, які адекватно описують вплив параметрів технологічного процесу на якість безглютенового хліба з рисовим, кукурудзяним і гречаним борошном.

8. Встановлено, що використання борошна круп'яних культур сприяє інтенсифікації газоутворення в безглютеновому тісті за рахунок збагачення рідкої фази тіста власними цукрами та азотистими речовинами борошна, внаслідок чого поліпшується живлення дріжджових клітин. В результаті інтенсифікації процесів бродіння в тісті з безглютеновим борошном накопичується більша кількість нелетких кислот.

9. Дослідженнями впливу сумісного внесення камедей гуару і ксантану на структурно-механічні властивості безглютенового тіста встановлено підвищення ефективної в'язкості та міцності системи за рахунок синергічної взаємодії цих камедей. Визначено, що рисове, кукурудзяне та гречане борошно підвищують ефективну в'язкість тіста, але зменшують міцність системи. Внаслідок високого вмісту в гречаному борошні клітковини, пентозанів і водорозчинних білків, тісто з доданням цього борошна має надмірну в'язкість, що спричиняє зменшення питомого об'єму безглютенового хліба.

Встановлено, що безглютенове тісто не розріджується під час ферментації, що підтверджується даними досліджень на приладі «Реотест-2» і фаринографі.

10. Досліджено температуру та ступінь клейстеризації крохмальних зерен у безглютеновому хлібі з борошном круп'яних культур, що дало можливість теоретично обґрунтувати доцільність поєднання картопляного і кукурудзяного крохмалю в безглютеновому хлібі для забезпечення його високої якості.

11. Встановлено, що безглютеновий хліб з борошном круп'яних культур характеризується більш вираженим смаком, ароматом і забарвленням скоринки, ніж хліб з крохмалю, внаслідок інтенсивнішого протікання реакції меланоїдиноутворення, проте за тривалістю збереження свіжості ці види хліба майже ідентичні.

Дослідження процесів черствіння безглютенового хліба показали, що борошно круп'яних культур незначно впливає на збереження виробами свіжості.

12. Розрахунок хімічного складу безглютенового хліба з борошном круп'яних культур свідчить про поліпшення його харчової цінності внаслідок збільшення вмісту білків, клітковини мінеральних речовин.

Доведено, що засвоюваність безглютенового хліба залежить від виду борошна в його рецептурі. Хліб з гречаним борошном характеризується найкращою засвоюваністю, що обумовлено високим вмістом водорозчинних білків у складі гречаного борошна.

13. На основі проведених досліджень розроблено та затверджено рецептури і технологічні інструкції на «Хліб дієтичний безбілковий» та «Хліб безглютеновий з рисовим борошном», а також отримано два патенти України на корисну модель.

### **ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Дробот В. І. Вимоги до хлібобулочних виробів для хворих на целиакію / В. І. Дробот, А. М. Грищенко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2009. – № 6 (55). – С. 33–34.

2. Дробот В. І. Особливості технологічного процесу виготовлення безбілкового хліба / В. І. Дробот, А. М. Грищенко, Л. А. Михонік // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2010. – № 6 (67). – С. 20–22.

3. Грищенко А. М. Розробка нових видів безбілкових хлібобулочних виробів / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2010. – Т. 1, Вип. № 38. – С. 164–167.

4. Дослідження структурно-механічних властивостей безбілкового тіста з камедями гуару і ксантану / А. М. Грищенко, Л. І. Удворгелі, Л. А. Михонік, Є. І. Ковалевська // Харчова наука і технологія. – 2010. – № 1 (10). – С. 63–65.

5. Грищенко А. Н. Использование гречневой муки в производстве безглютенового хлеба / А. Н. Грищенко, Л. А. Михоник, В. И. Дробот // Хранение и переработка зерна. – 2011. – № 4 (142). – С. 61–62.

6. Дробот В. И. Продукты функционального назначения / В. И. Дробот, Л. А. Михоник, А. М. Грищенко // Мир продуктов. – 2009. – № 9 (58). – С. 6–8.

7. Пат. 53001 Україна, МПК А 21D 2/00. Хліб безглютеновий з рисовим борошном / Дробот В. І., Грищенко А. М., Михонік Л. А.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № u 2010 01102; заявл. 03.02.2010; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 18.

8. Пат. 52999 Україна, МПК А 21D 2/16 (2006.01). Хліб дієтичний безбілковий / Дробот В. І., Грищенко А. М., Михонік Л. А.; заявник і патентовласник

Національний університет харчових технологій. – № у 2010 01098, заявл. 03.02.2010; опубл. 27.09.2010, Бюл. № 18.

9. Грищенко А. М. Безглютеновий хліб для людей хворих на целиацію / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 75-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 13-14 квітня 2009 р. : матеріали конф. – К. : НУХТ, 2009. – Ч. 2. – С. 250.

10. Грищенко А. М. Дослідження структурно-механічних властивостей безбілкового тіста / А. М. Грищенко, Л. А. Михонік, В. І. Дробот // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 76-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 12-13 квітня 2010 р. : матеріали конф. – К. : НУХТ, 2010. – Ч. 2. – С. 140.

11. Грищенко А. Н. Реологические характеристики безглютенового теста с мукой крупяных культур / А. Н. Грищенко, В. И. Дробот // Техника и технология пищевых производств : VII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 22-23 апреля 2010 г. : тезисы докл. – Могилев : Могилевский государственный университет продовольствия, 2010. – Ч. 1. – С. 114–115.

12. Грищенко А. М. Використання цукру в технології безбілкового та безглютенового хліба / А. М. Грищенко, Л. А. Михонік, В. І. Дробот // Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи : матеріали Міжнар. наук.-практ. конференції, 27-28 вересня 2010 р. – К. : НУХТ, 2010. – Ч. 1. – С. 17–18.

13. Грищенко А. М. Зниження вмісту білкових речовин в добовому раціоні при вживанні безглютенового хліба / А. М. Грищенко, Л. А. Михонік, В. І. Дробот // Актуальні проблеми безпеки харчування: Перша міжгалузева наук.-практ. конференція, 14-15 жовтня 2010 р. : матеріали конф. – Донецьк : Донецький національний університет економіки і торгівлі, 2010. – С. 73.

14. Грищенко А. М. Визначення амінокислотного складу хліба, виготовленого з крохмалю / А. М. Грищенко, Л. І. Удворгелі // Сучасні проблеми техніки та технології харчових виробництв, ресторанного бізнесу та торгівлі : Всеукраїнська науково-практична конференція, 18 листопада 2010 р. : тези доповідей. – Харків : Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2010. – С. 33–35.

15. Грищенко А. М. Дослідження кристалічної структури крохмалю в безбілковому хлібі // А. М. Грищенко, В. В. Фоменко, В. І. Дробот // Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття : Міжнародна науково-практична конференція, 21 жовтня 2010 р. Тези доповідей. – Харків : Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2010. – С. 249–250.

16. Грищенко А. М. Безглютеновий хліб з борошном круп'яних культур / А. М. Грищенко, М. М. Номенат // Збірник наукових праць молодих учених аспірантів та студентів, Одеса: Одеська національна академія харчових технологій. – 2010. – Т. 1. – С. 216–217.

17. Грищенко А. Н. Исследование потребительских свойства безглютенового хлеба / А. Н. Грищенко, В. И. Дробот // Техника и технология пище-

вых производств : VIII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 27-28 апреля 2011 г. : тезисы докл. – Могилев : Могилевский государственный университет продовольствия, 2011. – С. 150.

18. Грищенко А. М. Дослідження процесів черствіння безглютенового хліба / А. М. Грищенко, Л. А. Михонік, В. І. Дробот // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 77-а наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 11-12 квітня 2011 р. : матеріали конф. – К. : НУХТ, 2011. – Ч. 1. – С. 50.

*Особистий внесок здобувача:*

1. Проведення літературного пошуку, узагальнення даних, підготовка матеріалів до публікації [1, 6, 9], проведення експериментальних досліджень, опрацювання та узагальнення експериментальних даних, підготовка матеріалів до публікації [2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

2. Проведення патентного пошуку, розроблення патенту, підготовка матеріалів до патентування [7, 8].

## АНОТАЦІЯ

**Грищенко А.М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.01 – Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів. – Національний університет харчових технологій, Київ, 2011.

Робота присвячена удосконаленню технології дієтичного хліба з безглютенової сировини для хворих на целиакію. Досліджено технологічні властивості безглютенових видів сировини, що характеризують їх хлібопекарські властивості. Для забезпечення структурно-механічних властивостей безглютенового тіста запропоновано використовувати камеді гуару і ксантану. Для поліпшення органолептичних показників якості та харчової цінності хліба з крохмалю запропоновано в рецептуру додавати безглютенові види борошна: рисове, кукурудзяне і гречане. Розкрито перебіг біохімічних, мікробіологічних та колоїдних процесів у технології хліба з безглютенової сировини. Доведено, що для забезпечення спиртового бродіння в безглютеновому тісті та розпушення тістових заготовок в рецептуру необхідно додавати цукор.

На підставі проведених досліджень розроблено та затверджено нормативну документацію на нові види виробів, розраховано їх харчову цінність. Удосконалена технологія апробована у виробничих умовах та захищена деклараційними патентами України на корисну модель.

**Ключові слова:** целиакія, дієтичний хліб, камедь гуару, камедь ксантану, безглютенове борошно, безглютеновий хліб.

## АННОТАЦИЯ

**Грищенко А.Н. Усовершенствование технологии хлеба из безглютенового сырья. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.01 – Хранение и технология переработки зерна, изготовление зерновых и хлебопекарных изделий и комбикормов. – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2011.

Работа посвящена усовершенствованию технологии диетического хлеба из безглютенового сырья. В работе исследованы технологические свойства безглютеновых видов сырья, которые характеризуют их хлебопекарные свойства. Поскольку крахмал и мука крупяных культур имеют низкие хлебопекарные свойства, для обеспечения структурообразования в тесте, а, следовательно, его газо- и формоудерживающей способности, предложено использовать камеди гуара и ксантана при их соотношении 70:30. Исследовано зависимость качества безглютенового хлеба из крахмала от вида используемого крахмала. Установлено, что хлеб из кукурузного крахмала имеет поверхность с большим количеством мелких трещин, в отличие от хлеба из картофельного крахмала. Это обусловлено неполной клейстеризацией крахмальных зерен на порезности корки. В присутствии картофельного крахмала клейстеризация кукурузного происходит практически полностью, о чем свидетельствуют дифрактограммы исследуемых образцов. Предложено в рецептуре такого хлеба 20 % кукурузного крахмала заменять картофельным, что позволяет улучшить состояние корок.

Для улучшения вкусовых качеств и пищевой ценности безглютенового хлеба из крахмала, предложено в рецептуру добавлять безглютеновую муку – рисовую, кукурузную или гречневую. В процессе проведения пробных лабораторных выпечек установлено, что при добавлении безглютеновых видов муки интенсифицируется газообразование в безглютеновом тесте, увеличивается его кислотность. Учитывая ухудшение состояния мякиша готовых изделий, а также появление сильно выраженного запаха круп, установлено, что рисовую, кукурузную и гречневую муку целесообразно добавлять в рецептуру безглютенового хлеба в количестве 30, 25 и 15 % вместо крахмала.

Установлена оптимальная влажность безглютенового теста из крахмала – 51 %, при добавлении кукурузной и рисовой муки – 52 %, гречневой – 54 %. Установлена необходимость добавления в рецептуру безглютенового теста сахара, который выступает основным источником питания дрожжевых клеток и обеспечивает процесс спиртового брожения.

Обоснована эффективность использования камедей гуара и ксантана для обеспечения структурно-механических свойств безглютенового теста. Установлена интенсификация процессов брожения в тесте с мукой крупяных культур, вследствие чего повышается содержание в нем летучих и нелетучих кислот.

В результате определения содержания белка в хлебе из крахмала установлена возможность его употребления больными целиакией и фенилкетонурией. Содержание белка в этом хлебе не превышает 2,2 г/100 г сухих веществ продукта. Обоснована эффективность обогащения химического состава безглютено-

вого хлеба мукой крупяных культур. Установлено, что при добавлении в рецептуру безглютеновой муки в хлебе повышается содержание белков, жиров и клетчатки.

На основании полученных данных разработана и утверждена нормативная документация на новые виды изделий – хлеб «Диетический безбелковый» и «Безглютеновый с рисовой мукой» для больных целиакией. Производство этих изделий позволяет расширить ассортимент диетической продукции, а также обеспечить потребность населения Украины в изделиях данной группы. Усовершенствованная технология безглютенового хлеба апробирована в производственных условиях и защищена декларационными патентами Украины на полезную модель.

**Ключевые слова:** целиакия, диетический хлеб, камедь гуара, камедь ксантана, безглютеновая мука, безглютеновый хлеб.

#### ANNOTATION

**Gryshchenko A.M. The refinement of gluten-free bread technology. – Manuscript.**

The dissertation for obtaining of degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.18.01 – Storage and processing of grain, production of grain, baking products and mixed fodders. – National University of Food Technologies, Kiev, 2011.

The dissertation is dedicated to the refinement of dietetic gluten-free bread technology. The technological properties of gluten-free raw materials that characterize their bakery properties have been researched. Taking into account poor technological properties of starch and gluten-free flour author has proposed using of guar gum and xantan gum for bettering structure-mechanical properties of gluten-free dough. Addition of rice flour, maize and buckwheat flour to the recipe exerted best organoleptical quality indexes as well as nutritional value of gluten-free bread from starch. The biochemical, microbial and colloidal processes in gluten-free bread technology have been carried out. It has been proven that sugar is a necessary ingredient of the recipe for providing alcohol fermentation in the gluten-free dough and rising of dough.

Based upon the studies the normative documentation for new kinds of bread has been developed and approved as well as their nutritional value has been calculated. The refined technology has been approved in production and defended by the patents of Ukraine.

**Key words:** celiac disease, dietetic bread, guar gum, xantan gum, gluten-free flour, gluten-free bread.