

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ**

**ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІСАХАРИДІВ
РОСЛИННОГО І МІКРОБНОГО
ПОХОДЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ
БЕЗБІЛКОВОГО ХЛІБА**

Монографія

**Харків
2014**

УДК 664.665:547.458.1(075.8)

ББК 36.83-1

Ж-46

Авторський колектив:

З. І. Кучерук, О. С. Цуканова

Рецензенти:

д-р техн. наук, професор Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка О.М. Шаніна,

д-р техн. наук, професор Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» Т.В. Капліна

Рекомендовано до видання вченою радою Харківського державного університету харчування та торгівлі, протокол № 7 від «26» лютого 2014 р.

Ж46 Використання полісахаридів рослинного і мікробного походження в технології безбілкового хліба : монографія / З. І. Кучерук, О. С. Цуканова. – Х. : ХДУХТ, 2014. – 131 с.

ISBN

У монографії викладено інформацію щодо використання полісахаридів рослинного і мікробного походження для покращення якості безбілкового тіста та готового безбілкового хліба на його основі.

Дане видання пропонується для викладачів, аспірантів, студентів спеціальностей «Технологія харчування», «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів», інженерно-технічних працівників, які зайняті у галузі виробництва борошняної продукції. Монографія також може бути використана студентами споріднених спеціальностей.

УДК 664.665:547.458.1(075.8)

ББК 36.83-1

© З.І. Кучерук, О.С. Цуканова, 2014

©Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2014

ISBN

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ГЛАВА 1	
ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ДІЄТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ БІЛКА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	7
1.1 Медико-біологічні аспекти захворювань, дієтотерапія яких передбачає харчування безбілковими продуктами.....	7
1.2 Досвід виробництва і сучасні напрямки створення спеціальної продукції зі зниженим вмістом білка	11
1.3 Функціонально-технологічні властивості низькобілкової сировини...	19
1.4 Аналіз рецептур і технологій безбілкового хліба, дійсних в Україні..	30
ГЛАВА 2	
ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ ТА ЇХ СПІВВІДНОШЕННЯ В НОВОМУ БЕЗБІЛКОВОМУ ХЛІБІ	36
2.1 Обґрунтування вибору структуроутворюючої добавки в рецептурі нового безбілкового хліба	36
2.2 Дослідження властивостей системи рецептурних компонентів «борошно безбілкове».....	39
2.3 Дослідження впливу ксантану на формування властивостей безбілкової тістової системи.....	45
2.3.1 Пружно-еластичні властивості	45
2.3.2 Пластично-в'язкі властивості	47
2.3.3 Адгезійні властивості	52
2.3.4 Вивчення впливу ксантану на фізичні і хімічні зміни в безбілковому тісті методом ІЧ-спектроскопії.....	53
2.3.5 Вивчення впливу ксантану на здатність тіста до розтягування і утримання газу в процесі бродіння.....	56
2.4 Обґрунтування оптимальної вологості безбілкового тіста.....	57
ГЛАВА 3	
ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАДІЙ БРОДІННЯ, ВИСТОЮВАННЯ І ВИПІКАННЯ БЕЗБІЛКОВОГО ТІСТА	61
3.1 Дослідження перебігу біохімічних та мікробіологічних процесів у дріжджовому безбілковому тісті.....	61
3.2 Вибір способу приготування безбілкового тіста.....	65
3.3 Обґрунтування параметрів випікання безбілкового хліба.....	66
ГЛАВА 4	
ЗБЕРЕЖЕННЯ СВІЖОСТІ БЕЗБІЛКОВОГО ХЛІБА ТА ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ	68
4.1 Вивчення впливу ксантану на процес черствіння безбілкового хліба	69
4.2 Вивчення впливу олії соняшникової на процес черствіння безбілкового хліба.....	73
4.3 Дослідження вмісту ароматичних речовин під час зберігання.....	77
4.4 Вибір пакувального матеріалу	79

4.5 Підвищення харчової цінності дієтичного безбілкового хліба за рахунок використання кріопасті з рослинної сировини.....	81
ГЛАВА 5	
РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ СПЕЦІАЛЬНОГО БЕЗБІЛКОВОГО ХЛІБА ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБОК.....	89
5.1 Розробка рецептур, технологічної та апаратурної схем виробництва нових видів безбілкового хліба.....	89
5.2 Розрахунок харчової цінності нових видів безбілкового хліба.....	97
5.3 Перетравлюваність вуглеводів безбілкового хліба <i>in vitro</i>	99
5.4 Інтегральна оцінка якості нових видів безбілкового хліба.....	100
5.5 Роботи з упровадження нових видів виробів у виробництво.....	108
ВИСНОВКИ.....	111
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	115

ПЕРЕДМОВА

На сьогоднішній день в Україні актуальним напрямком є створення доступних за ціною спеціальних продуктів для безбілкової дієтотерапії хворих з порушеннями білкового обміну за умови використання сировини вітчизняного виробництва з метою вирішення проблеми забезпечення спеціальними продуктами українські родини.

Розробкою спеціальних безбілкових хлібобулочних виробів займалися такі вітчизняні й зарубіжні вчені, як В.І. Дробот, О.А. Кузнецова, І.В. Матвеева, В.М. Красильников, Д.В. Шнейдер, Elke K. Arendt (Швейцарія), Eimear Gallagher, Jodi A. Engleson (США), Miyuki Fucasawa (Японія), Girard Jean Philippe (Франція) та ін. Проведений аналіз літературних джерел показав, що проблема створення нових безбілкових виробів у технологічному плані зводиться до пошуку оптимального співвідношення структуроутворюючих компонентів у системі безбілкового тіста, а в науковому аспекті проблема полягає в дослідженні синергізму/антагонізму високомолекулярних сполук рецептурних складових. За умови різкого зниження білка в системі можливим є використання полісахаридів різного походження. Комбінуючи різну полісахаридвмісну сировину, а саме – суміші різних крохмалів, борошна і загусників та гелеутворювачів полісахаридної природи, досягають потрібної структури безбілкового тіста і готового хліба.

На цей час у нашій країні існує декілька рецептур безбілкового хліба. У зазначених рецептурах використовують наступні комбінації полісахаридів: свіжовідмитий пшеничний крохмаль і амілопектиновий набухаючий крохмаль; суміш кукурудзяного і картопляного крохмалю з сумішшю рослинної гуарової камеді та мікробної ксантанової камеді; кукурудзяний крохмаль і пектин. Вони виконують роль борошняної складової в тісті, і світовій практиці отримали назву «борошно безбілкове». На жаль, аналоги, виготовлені на основі цих рецептур, характеризуються невисокими органолептичними й фізико-хімічними показниками якості, низькою харчовою цінністю, мають короткий термін зберігання, а також низьку технологічність виробництва. У зв'язку з цим існує гостра потреба в пошуку технологічних рішень для усунення зазначених недоліків існуючих вітчизняних виробів.

Перспективним є створення структуроутворювальної системи на основі крохмалю із зернової сировини (кукурудзяного), який виробляється в Україні в промислових масштабах; незначної кількості борошна житнього, яке сприяє не тільки формуванню характерного смаку та аромату хліба, але й бере участь у формуванні структури і допускається в безбілковій дієті; та такого ефективного загущувача, як полісахарид мікробного походження – ксантанова камедь. Крім того, доцільним є використання нових високотехнологічних рослинних добавок як збагачувачів безбілкового хліба. Результати аналізу показали, що в літературі відсутні систематизовані дані щодо використання такої композиції сировинних компонентів для

безбілкового хліба. Тому дослідження щодо її застосування в новій технології є актуальними. Це дозволить розширити асортимент, створити хліб із високими органолептичними та фізико-хімічними показниками, подовженими термінами зберігання і низькою відпускною ціною. А використання добавок із рослинної сировини, яка є джерелом вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, дозволить покращити харчову цінність безбілкового хліба.

У запропонованій монографії велика увага приділяється аналізу теоретичних та практичних підходів до створення дієтичної продукції зі зниженим вмістом білка, медико-біологічних аспектів захворювань, дієтотерапія яких передбачає харчування безбілковими продуктами, надається характеристика функціонально-технологічних властивостей низькобілкової сировини, наводиться аналіз рецептур і технологій безбілкового хліба, дійсних в Україні (перша глава). Друга глава присвячена дослідженням, які обґрунтовують співвідношення рецептурних компонентів в новому безбілковому хлібі шляхом дослідження властивостей запропонованої системи рецептурних компонентів «борошно безбілкове». У третій главі обґрунтовуються параметри стадій бродіння, вистоювання і випікання безбілкового тіста. Четверта глава присвячена розгляду проблем збереження свіжості безбілкового хліба та перспектив підвищення його харчової цінності. В п'ятій главі наводяться рецептури, технологічні схеми та апаратурно-технологічна схема виробництва нових видів спеціального безбілкового хліба та оцінюється ефективність розробок.

Монографія пропонується для аспірантів, інженерно-технічних працівників, які зайняті у галузі виробництва продукції для спеціального дієтичного споживання, співробітників медичних закладів та лікувальних установ. В основу монографії покладено матеріали дисертаційної роботи Цуканової О.С., яка виконана на кафедрі технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчо концентратів, а також ряду статей, патентів та тез доповідей на науково-практичних конференціях з цього напрямку досліджень.

Запропоноване видання може бути корисним для викладачів, студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спеціальностями «Технологія харчування», «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчо концентратів», «Технології харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення», студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спорідненими спеціальностями, пов'язаними з технологіями спеціальної дієтичної продукції.

ГЛАВА 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ДІЄТИЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ БІЛКА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

На період до 2016 року в Україні виконується Загальнодержавна програма «Національний план дій щодо реалізації Конвенції ООН про права дитини». Одним із напрямів виконання програми є реалізація заходів щодо збереження здоров'я кожної дитини протягом усього періоду дитинства. Тому важливою державною задачею на сьогоднішній день виступає питання забезпечення повноцінним харчуванням дітей, в тому числі, спеціальними продуктами дітей з різними патологіями.

При захворюваннях, що зумовлені порушеннями обміну амінокислот, використовуються спеціальні продукти. Для ідентифікації цієї продукції лікарі у дієтотерапії використовують термін «безбілкові» вироби [1...5], крім того, таке означення має місце в нормативній документації [6] та в промисловій практиці виготовлення цієї дієтичної продукції. В науковій літературі більш коректно використовувати і фактично використовуються терміни «вироби зі зниженим вмістом білка» та «низькобілкові вироби», оскільки, так чи інакше, зазначена продукція містить незначну кількість білка. На наш погляд, терміни «зі зниженим вмістом білка» і «низькобілкові» використовуються як синоніми.

Теоретичні та практичні підходи під час створення продукції зі зниженим вмістом білка передбачають, перш за все, вивчення медико-біологічних аспектів захворювань, світового досвіду їх виробництва, а також функціонально-технологічних властивостей сировини, що використовується для низькобілкової продукції. Доцільно провести аналіз рецептур і технологій безбілкового хліба, дійсних в Україні, і з'ясувати ряд проблемних питань, які виникають під час виробництва зазначеної продукції в нашій державі.

1.1 Медико-біологічні аспекти захворювань, дієтотерапія яких передбачає харчування безбілковими продуктами

Захворювання, під час яких показано харчування безбілковими продуктами, перш за все, пов'язані з порушеннями обміну амінокислот (аміноацидопатії). Первинні аміноацидопатії – це велика група уроджених захворювань, в основі яких лежить генетично обумовлене порушення синтезу різних ферментів (спадкові ферментопатії), а основним клінічним проявом є метаболічна енцефалопатія. Захворювання цієї групи моногенного походження і мають аутосомно-рецесивний тип спадкоємства. Найбільш поширеною первинною аміноацидопатією є фенілкетонурія [1].

За останні роки завдяки розвитку вчення про функцію геному все частіше діагностуються СПОР. Сьогодні лікарі-генетики зустрічаються з 700

нозологічними формами таких порушень. Тільки спадкових дефектів обміну амінокислот відомо близько 90. Всі спадкові ферментопатії відрізняються наявністю прихованого періоду, коли хвороба майже не виявляється клінічно, але може бути виявлена на підставі біохімічних, хроматографічних і молекулярно-генетичних досліджень. Першим клінічним проявом, що дозволяє запідозрити наявність первинної аміноацидопатії, є відставання в психічному розвитку дитини [1]. Так, при ФКУ спадкова затримка психічного розвитку обумовлена накопиченням у мозку дитини токсичних речовин, які утворюються в результаті метаболізму за недостатності ферменту ФАГ, необхідного для перетворення амінокислоти фенілаланіну в тирозин [7...9].

ФКУ серед порушень СПОР займає особливе місце, тому що відноситься до категорії частих спадкових хвороб, достатньо легко діагностується і має розроблені підходи до ефективного лікування. В Україні частота захворюваності на ФКУ за даними 4-ї конференції Міжнародного суспільства неонатального скринінгу складає 1: 5571 новонароджених [13]. Кожен рік кількість хворих на ФКУ збільшується приблизно на 50 чоловік [2, 10, 11].

З метою раннього виявлення ФКУ на доклінічному етапі в усьому світі широко застосовується масове обстеження новонароджених (скринінг). Частота ФКУ серед новонароджених за даними масового скринінгу [12] в різних країнах складає в середньому 1:10000, проте значно варіює залежно від території (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Частота захворюваності ФКУ за даними масового скринінгу

Країна	Кількість хворих	Країна	Кількість хворих
Туреччина	1:2600	Австрія	1:12340
Ісландія	1:4500	Югославія	1:13000
Польща	1:5000	Норвегія	1:15000
Шотландія, Бельгія	1:6000	Швейцарія	1:16000
Німеччина, Чехія	1:7000	Китай	1:16500
США	1:8000	Ізраїль	1:19000
Данія, Австралія	1:9000	Греція	1:24000
Північна Ірландія	1:10000	Канада	1:25000

Шляхи обміну фенілаланіну в організмі людини показані на рис. 1.1. З'ясовано, що в результаті метаболічного блокування відбувається значне накопичення в тканинах і рідинах хворого організму ФА (рівень ФА в плазмі крові складає більше 120 мкрмоль/л) і таких його похідних, як фенілпіровіноградна, фенілмолочна, фенілоцетова кислоти, фенілетіламін, фенілацетилглутамін та інші речовини.

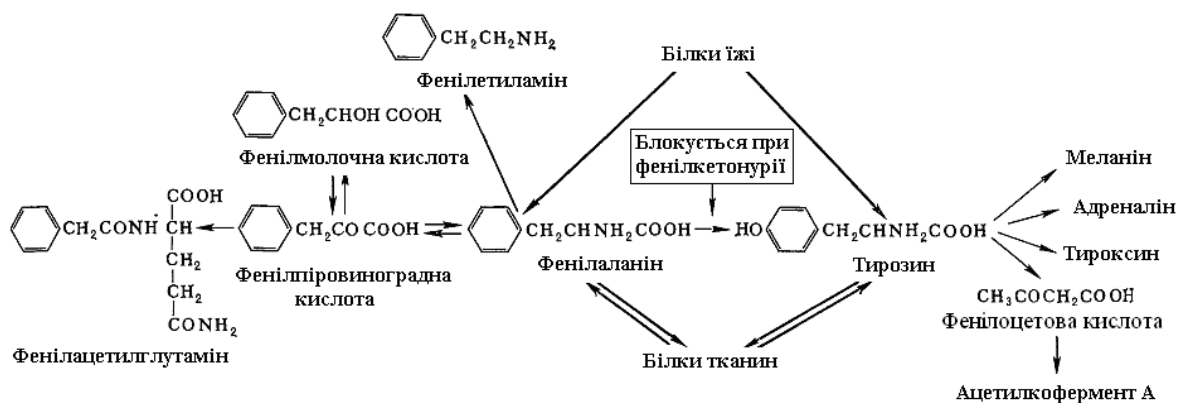


Рисунок 1.1 – Шляхи обміну фенілаланіну в організмі людини

Основними механізмами, що пояснюють високу частоту розповсюдження ФКУ, є ефект засновника і генетичний дрейф, гетерозиготна селекція і репродуктивна компенсація [14, 15]. Хворі на ФКУ діти можуть народитися і у цілком здорових батьків. Адже кожен 43-й українець є носієм гену-мутанту [11, 16].

Важливо зазначити, що нині активно йде розробка молекулярно-генетичної терапії спадкових захворювань, в тому числі, пов'язаних із порушеннями обміну речовин, і проводяться перші експерименти, коли ген-мутант, що є причиною виникнення захворювань, замінюється здоровим геном [11]. Проте, у сьогоденні найефективнішим способом лікування є дієтотерапія.

Слід зазначити, що крім ФКУ на території України генетики зустрічаються також із іншими формами спадкових захворювань, таких як алкаптонурія, цистинурія, гомоцистинурія, гіпервалінемія, гіперлізінемія, гіпергліцинемія, тирозинемія, гістидинемія, лейцином та ін. [17...21]. При цьому порушений обмін таких амінокислот як тирозин, цистин, метіонін, валін, лізін, гліцин, тирозин, гістидин, лейцин, ізолейцин відповідно. Ці захворювання відрізняються великою різноманітністю течії, прогноз їх різний – від цілком сприятливого при алкаптонурії до важкої психічної і фізичної патології при гіпервалінемії. Їх відсоток відносно ФКУ значно менший.

Для лікування усіх первинних аміноацидопатій потрібна корекція ферментних реакцій на рівні субстрату, тобто необхідно попередити потрапляння в організм «проблемних» амінокислот з харчовими продуктами. Найбільш ефективно захворювання цієї групи лікуються за допомогою дієти із зниженим вмістом білка в раціоні. Така дієта має назву безбілкова, іноді зустрічається термін «гіпопротеїнова» [4, 5]. Раціони потрібно розробляти з включенням як природних низькобілкових продуктів, так і продуктів, створених за спеціальними технологіями.

У загальному наборі продуктів для лікувальної дієти хворих на ФКУ переважають овочі, фрукти за рахунок низького вмісту в них білка і фенілаланіну, а також жири, цукор, крохмалевмісні продукти. Вміст вуглеводів в дієті складає 60% від загальної калорійності. Дефіцит жирів у дієті поповнюється за рахунок олії та вершкового масла, а у дітей першого

року життя – за рахунок риб'ячого жиру. Вміст жирів в дієті складає до 35% [2, 22]. Такі поживні речовини, як вітамін С, вітаміни групи В, фолієва кислота, кальцій, фосфор, мідь та марганець хворі отримують у вигляді відповідних препаратів.

У зв'язку з тим, що харчування дитини за умови обмеження білка не може бути повноцінним і достатнім для зростаючого організму, нестаток білка обов'язково повинен поповнюватися спеціальними білковими препаратами. Лікування ФКУ та інших споріднених хвороб потрібно починати якомога раніше. Для немовлят дієтотерапія передбачає заміну молочного білка на білкові гідролізати з низьким вмістом «шкідливої» амінокислоти [23]. Крім того, важливо, щоб паралельно з дієтотерапією дитина вживала стимулятори мозкового метаболізму, тобто препарати, які підвищують її інтелектуальні можливості [24].

На світовому ринку представлений широкий асортимент спеціальних білкових гідролізатів для ФКУ різних торговельних марок: «Lofenalak», «Add-Ins», «Acerflex» та ін. (*США, Канада*); серія «PKU-1, 2, 3, mix», «PreKUnil», «Avonil», «NeoPhe», «Berlophenum», «Aponti» та ін. (*Німеччина*); «Альбуманд ХР» (*Австрія*); «MINAFEN», «Analog SP» (*Великобританія*); «Lofemilk» (*Японія*); серія «Phenil-40, 100, 400, Free» та ін. (*Іспанія*). На даний час випускається також серія російських спеціальних гідролізатів для хворих дітей різного віку: «Афенілак 0...12», «Афенілак 1...3», «Тетрафен 30, 40, 70», «MD мил ФКУ 0, 1, 2, Клинипит» [23, 25...32]. Застосування гідролізатів є обов'язковою умовою дієтотерапії хворих, не зважаючи на те, що вони мають неприємний смак і запах. Паралельно із гідролізатами в раціон вводять спеціальні безбілкові продукти, такі як безбілкові хлібобулочні вироби, печиво, пряники, вафлі, макаронні вироби, харчові концентрати.

Таким чином, розглянуті медико-біологічні аспекти захворювань через порушення обміну амінокислот вказують на те, що їх лікування вимагає застосування спеціальної дієти із обмеженням білка. Дієтотерапія з вилученням усіх високобілоквмісних продуктів, в тому числі на основі зернових, на сьогоднішній день залишається найефективнішим методом лікування всіх первинних аміноацидопатій, в тому числі, і ФКУ [13, 33]. Оскільки безбілкова дієта триває протягом всього життя, існує життєво важлива потреба у таких výroбах і актуальним є створення нових спеціальних безбілкових продуктів, таких як хлібобулочні, макаронні, борошняні кондитерські вироби, харчові концентрати та ін. продуктів, які б характеризувалися гарною якістю та доступною ціною.

На території України вітчизняні розробки та випуск спеціальних дієтичних безбілкових продуктів тільки починаються, хоча за кордоном вони досить давно освоєні. Тому доцільно розглянути накопичені наукові дані з виробництва та створення цієї продукції.

1.2 Досвід виробництва і сучасні напрямки створення спеціальної продукції зі зниженим вмістом білка

У світовій практиці приділяється велика увага забезпеченню населення необхідною дієтичною продукцією. Закордонні виробники масштабні розробляють та розповсюджують спеціальні безбілкові продукти харчування не тільки на території своїх країн, але й на світовому ринку [34].

Проведений аналіз літератури свідчить, що немає чітко встановлених рекомендацій щодо вмісту білка у продуктах: зі зниженим вмістом білка, безбілкових, чи низькобілкових. Як показує закордонний досвід, а також досвід вчених країн колишнього СРСР та України, вміст білка у цих výroбах фактично може коливатися від 0,6 до 2,2% в перерахунку на СР [6, 35, 36]. Слід зазначити, що в будь-якому випадку лікар обов'язково розраховує кількість низькобілкового продукту в раціоні з урахуванням вмісту білка у ньому, ступеню протікання захворювання, віку дитини та інших факторів.

За даними закордонних літературних джерел можна виділити спеціальну дієтичну продукцію, що позначається такими термінами:

- low protein – вироби зі зниженим вмістом білка;
- non protein – вироби, що не містять білка;
- gluten free – вироби, що не містять глютену [37].

Перші дві групи виробів призначені здебільшого для хворих з порушеннями обміну амінокислот, зокрема для хворих на фенілкетонурію. Остання група виробів призначена для харчування хворих на целиацію. Слід розрізняти безбілкові вироби (Low Protein чи Non Protein) і безглютенові (Gluten Free). У безбілкових výroбах лімітуючим є сумарний вміст білка. А у безглютенових výroбах обмежується тільки вид білка певних зернових: пшениці (глютен), ячменю (гордеїн), жита (секалінін), іноді вівса (авенін). Часто безглютенові вироби збагачують на білок, що не суперечить вимогам дієти. Слід зазначити, що білок, крім харчової цінності, впливає на структуроутворювальні властивості тістової системи, що покращує структуру безклейковинного безглютенового хліба. Створення структури безглютенових виробів значно полегшується за рахунок використання білоквмісної сировини.

Безглютенові вироби можуть вживатися під час безбілкової дієти за умови в них низького вмісту білка. Безбілкові вироби також можуть вживатися під час безглютенової дієти, але за умови відсутності глютенвмісного борошна. Проте, при низькому вмісті білка вони не можуть бути повноцінними для щоденного споживання під час безглютенової (аглютенової) дієти.

Аналіз літературних даних свідчить про те, що утворення структури безклейковинного хліба для обох дієт багато в чому співпадає. Тому вчені часто розглядають поряд питання щодо структуроутворення в безклейковинному хлібі для безбілкової і безглютенової дієт. Крім того, одні і ті ж виробники випускають продукцію для обох дієт.

Аналіз літературних та патентних джерел [34, 35, 38...41, 42...44] показав, що для безбілкової дієтотерапії за кордоном випускається широкий асортимент хлібобулочних, макаронних, борошняних кондитерських виробів. В табл. 1.2 представлений асортимент дієтичних хлібобулочних виробів закордонного виробництва.

Таблиця 1.2 – Асортимент дієтичних хлібобулочних виробів закордонного виробництва

Країна – виробник	Назва компанії, виробник	Назва продукту	Зовнішній вигляд	Маса	Ціна
Німеччина		Weis Brot		400 г	4,72 €
Німеччина		Petits pains nature		300 г	3,68 €
Канада		White Sandwich Bread		400 г	5,49\$
Польща		Chleb domowy bezglutenowy		400 г	2,65 €
Польща		Chleb krojony PKU		400 г	7,56 zł
США		Light White Rice Loaf		600 г	3,79 \$
США		Classic Gluten Free White Bread		400 г	6,85 \$
США	New Grains GF Bakery	Gluten Free Multi-Grain Bread		400 г	6,99 \$
США		Gluten Free Bread 7 Grain		340 г	5,00 \$

З табл. 1.2 видно, що дієтичні хлібобулочні вироби закордонного виробництва випускають різною масою, різної форми, у різному пакуванні. Закордонні вироби мають надто високу ціну для українського споживача (в перерахунку на гривню ціна коливається від 20 до 60 грн.) залежно від виду, маси виробу та країни-виробника.

Світовими лідерами з виробництва дієтичних безбілкових і безглютенових хлібобулочних виробів є такі країни, як Німеччина (ТМ «Glutano», «HammerMühle»), Канада (ТМ «Glutino»), Польща (ТМ «Bezgluten», «Glutenex»), США (ТМ «Ener-G», «Schär»), Росія (ТМ «Нутрітек», «МакМастер») та ін. [30, 38...41, 45, 46]. Під цими ж торгівельними марками та деякими іншими, такими як «Schaer», «FARMO» (Італія); «GULLON» (Іспанія); «Первый комбинат детского и диетического питания», «ООО Торговый Дом Диетпродукт» (Росія) виробляється також широкий асортимент макаронних та борошняних кондитерських виробів. Останні представлені тістечками, різними видами печива, вафлями, пряниками, кексами та ін. [38...41, 45, 47].

Патентний пошук показав, що вчені Японії, США, Німеччини та інших країн постійно працюють також над створенням сухих сумішей для безбілкових продуктів [48...57].

Усвітовій практиці для позначення спеціальної продукції при етикетуванні виробів прийнято застосовувати різні символи (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Спеціальні символи на етикетках для позначення дієтичних продуктів

						
Продукти для хворих на ФКУ	Продукти без глютену (Gluten free)	Продукти без лактози, без молока	Продукти без яєць	Діабетичні продукти	Продукти без сої	Продукти без зернових

В нашій країні правомірність використання саме цих символів при нанесенні спеціального маркування на упаковку спеціальних продуктів, на жаль, на сьогоднішній день не встановлена.

Літературний огляд показав також, що випуск спеціальної дієтичної безбілкової продукції здійснюється за двома напрямками: 1 – випуск виробів у готовому до споживання вигляді; 2 – випуск сухих сумішей для виготовлення виробів в домашніх умовах.

Створення готових безбілкових хлібобулочних виробів – складний процес, який залежить від багатьох технологічних факторів. Виключення зі складу рецептури пшеничного борошна як основи утворення клейковинного каркасу значно ускладнює отримання тіста із задовільними показниками якості й в подальшому – отримання готового хліба з високими споживчими властивостями. Для створення потрібної структури тіста та м'якучки хліба необхідно, перш за все, застосовувати сировину, яка б виявляла структуруючі властивості та забезпечувала потрібні властивості тіста та готових виробів [58]. Узагальнені дані щодо використання окремих видів сировини та її

функціонального призначення в безбілкових тістових системах для хлібобулочних виробів представлені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Сировина, яку використовують під час виготовлення безбілкових хлібобулочних виробів

№ з/п	Найменування сировини	Функціональне призначення
1	Гідроколоїди: – різні види нативних та модифікованих крохмалів (кукурудзяний, картопляний, пшеничний, рисовий та ін.); – загущувачі (камедь ксантану, камедь гуару, камедь рожкового дерева та ін.)	Основні структуроутворювачі
2	Борошно зернових культур (пшеничне, житнє) в невеликих кількостях (5,0...10,0% до маси крохмалю)	Смакові компоненти, структуроутворювачі, джерела ферментів та живлення дріжджів
3	Біологічні та хімічні розпушувачі (дріжджі пресовані, сухі, гідрокарбонат натрію, закваски)	Розпушувачі тіста
4	Сахароза, глюкоза, мальтоза	Джерела живлення дріжджів, смакові компоненти
5	Жири (олія, маргарин, вершкове масло, шортенінги)	Пластифікатори тіста
6	Сіль, приправи, спеції, пряно-ароматичні трави, горіхи, сухі фрукти	Смакові добавки та наповнювачі
7	Харчові волокна, вітамінні та мінеральні премікси, суміші амінокислот без фенілаланіну, овочеві порошки	Збагачувальні добавки

Конкретні приклади використання сировини у низькобілковому і безглютеновому хлібі наведено в табл. 1.5. Із таблиці видно, що в рецептурах безбілкових продуктів одночасно можуть використовуватися декілька видів крохмалів і різноманітні структуроутворювачі.

Слід зазначити, що закордонні виробники для випікання безбілкових виробів в домашніх умовах випускають сухі композитні суміші під назвою «борошно безбілкове» або «борошно низькобілкове» (табл. 1.5), які складаються з різних видів крохмалю, невеликої кількості білковмісного борошна (5,0...10,0% до маси крохмалю) та загущувачів різного походження [35, 41]. Такі суміші виступають в якості «борошняної» складової в безбілкових тістових системах та за умови додавання інших рецептурних компонентів можуть бути універсальною основою для отримання безбілкових хлібобулочних, макаронних та борошняних кондитерських виробів.

Таблиця 1.5 – Складові рецептури у низькобілковому, безглютеновому хлібі і «борошні низькобілковому»

Рецептурний компонент	Канада	Польща	Польща	Німеччина	США	Польща	Польща	Канада
	«Glutino»	«Bezgluten»	«Bezgluten»	«Glutano»	«Dr.Schar»	«Bezgluten»	«Bezgluten»	«Glutino»
	Низькобілковий хліб [32]	Хліб повсякденний [37]	Хліб кукурудзяний [37]	Хліб білий [39]	Класичний білий хліб [34]	Борошно для домашньої випічки [37]	Екстра універсальний концентрат борошна ФКУ [37]	Борошно для випікання [32]
Крохмаль кукурудзяний	+	+	+	+	+	+	+	
Картопляний крохмаль			+	+	+			
Крохмаль пшеничний		+	+				+	+
Крохмаль тапіоковий	+							+
Крохмаль рисовий				+	+			
Борошно кукурудзяне			+					
Борошно рисове				+	+			+
Борошно просо				+	+			
Дріжджі	+	+	+	+	+			
Пектин	+	+						
Гуарова камедь	+	+	+	+	+	+	+	+
ГПМЦ			+	+	+	+	+	
Гідрокарбонат натрію		+	+				+	
Кислота лимонна				+				
Калій виннокислий				+	+	+		
Сіль	+	+	+	+	+			+
Цукор білий кристалічний		+		+	+			
Глюкоза		+	+			+	+	
Діетичні волокна		+	+	+	+			
Целюлоза	+					+	+	
Глюконо-дельта-лактон	+	+	+			+	+	
Рослинні жири	+	+	+		+			
Вода	+	+	+		+			

Відомо, що для традиційного хліба основною сировиною є борошно, дріжджі, сіль і вода. На наш погляд, під час виготовлення безбілкових хлібобулочних виробів основною сировиною виступають гідроколоїди різного походження (крохмалі, загущувачі), розпушувачі (біологічні, хімічні) і вода.

Крім основної сировини до рецептури безбілкових виробів як і традиційних включають додаткові компоненти (пластифікатори, джерела живлення дріжджів, джерела ферментів, смакові і збагачувальні добавки тощо).

Як показує патентний пошук [48...57], в безбілкових výroбах крохмалі складають 60...70% від загальної кількості рецептурних компонентів. Найчастіше використовують крохмалі, вироблені із зернової (кукурудзи, пшениці, рису, сорго, амаранту та ін.), та коренеклубневої сировини (картоплі, тапіоки, маніоки, батату).

Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям (гарна згущуюча, структуроутворююча, водоутримуюча здатність) [59], крохмальні дисперсії грають одну з найважливіших ролей під час утворення м'якушки хліба в процесі випікання. Процеси набухання та клейстеризації крохмалю, а також взаємозв'язок крохмальних полісахаридів з полісахаридами загущувачів сприяють формуванню еластичної м'якушки тіста.

Закордонними вченими встановлено, що поряд із нативними крохмалями для створення структури безбілкового тіста використовують загущувачі різного походження з полісахаридною структурою, які за водопоглинальною здатністю та в'язкісними властивостями значно перевищують нативні крохмалі. Серед них найчастіше застосовують модифіковані крохмалі, пектини, альгінати, карагінани, целюлозу та її похідні (МЦ, КМЦ, ГПМЦ), а також камеді рослинного (гуар, рожкового дерева, гуміарабік) та мікробного (ксантан) походження [48, 50, 51, 60...78].

Поєднуючи різні види крохмалів і загущувачів науковці обґрунтовують використання систем, які забезпечують структуроутворення у низькобілковому тісті за умови відсутності клейковини.

Авторами [51] зроблено припущення стосовно ролі структуроутворювачів (гідроколоїдів) у безклейковинному тісті і хлібі. За допомогою лазерно-скануючої мікроскопії цими дослідниками були зроблені фотографії м'якушки хліба (рис. 1.2).

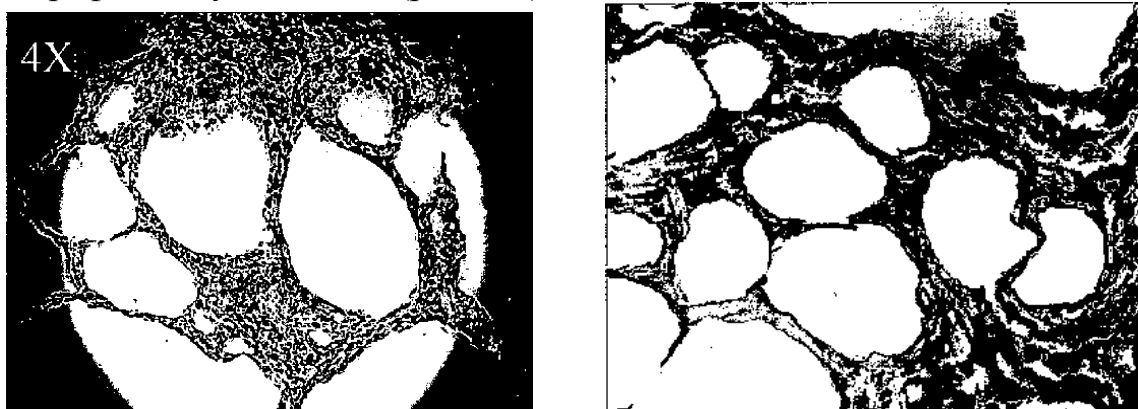


Рисунок 1.2 – Мікрофотографії м'якушки безклейковинного хліба

Видно, що крохмаль із згущувачем створюють нескінченну безперервну структуру, яка забезпечує формування пористості м'якушки хліба. З такою трактовкою структуроутворення у безклейковинному хлібі погоджуються і багато інших авторів [50, 77, 79...81].

Подібний ефект був виявлений європейськими вченими, які досліджували вплив суміші камедей ксантану та конжаку на властивості безбілкового хліба на основі кукурудзяного крохмалю. Отримані вироби гарно зберігали свіжість, а також мали гарні показники пружності, адгезії та еластичності. Лазерно-скануюча мікроскопія показала, що структура тіста схожа на клейковиноподібну сітку, в яку включені зерна крохмалю [79].

Іншими вченими [82, 83] було виявлено, що під час створення безбілкового хліба на основі кукурудзяного крохмалю внесення таких компонентів, як камедь рожкового дерева, ксантан, гуар і трагакант в якості «замінників клейковини» призвело до значного збільшення об'єму виробів та розпушення структури м'якушки. Слід відзначити, що найбільш високі показники якості отримав хліб із вмістом камеді ксантану в концентрації 1...3% порівняно з іншими структуроутворюючими добавками.

Дослідниками [73] було встановлено позитивний вплив різних гідроколоїдів (пектину, КМЦ, агару, ксантану, β -глюкану вівса) на реологічні властивості тіста, а також органолептичні і фізико-хімічні показники якості хліба на основі кукурудзяного крохмалю. Найбільший вплив на в'язко-пружні властивості тіста мав ксантан, який укріплював його структуру. Крім того, ранжування сили впливу гідроклоїдів на еластичність та стійкість до деформації тіста під час дослідження його повзучості дало змогу вченим розташувати добавки в певному порядку: ксантан > КМЦ > пектин > агар > β -глюкан. Випечений хліб з ксантаном в концентрації 2% мав світлу скоринку, еластичну білу м'якушку, гарний об'єм та пористість. Крім того, ксантан позитивно впливав на збереженість хлібом свіжості.

Масштабні дослідження з питань створення безбілкового хліба були проведені в Ірландії (University College, Cork) і розроблені технології безбілкових виробів на основі різних видів крохмалів (кукурудзяного, картопляного) і камедей [84].

Американськими вченими було створено хліб на основі сухої суміші компонентів з крохмалю (5,0...95,0%) та загущуючого агенту (0,25...10,0%), які поєднували з водою у співвідношенні 1:1...1:6. В якості загущувачів використовували: агар, пектин, желатин, альгінову кислоту, похідні целюлози, карагінан, гелланову камедь та їх суміші [44].

Спеціалісти лабораторії The National Food Centre досягли вагомих результатів під час розробки технологій безбілкового хліба на основі картопляного крохмалю та ГПМЦ [85]. При цьому під час оптимізації рецептур використовувалася методологія поверхні відгуку, яка за кордоном знайшла широке застосування [86...89].

Російськими вченими було вивчено вплив модифікованих крохмалів на властивості тіста та якість безбілкового хліба на основі композитних сумішей

[63]. Встановлено, що найкращими структуроутворювачами для приготування безбілкового хліба на основі композитної суміші є карбоксиметилкрохмаль у кількості 2,5% та суміш гуарового борошна та ксантанової камеді у кількості 1,0% до маси крохмалю кукурудзяного.

Поряд з цим, чисельними дослідженнями констатується, що усі гідрофільні колоїди, такі як, карбюлоза, метилцелюлоза [88], Na-КМЦ [90, 91], мальтодекстрини [64], пектин [90], ксантан [65, 66, 73, 79, 81, 90], гуар [92], камедь рожкового дерева [91, 92], конжакова камедь [72], к-карагінан [71, 79], ГПМЦ [72] поряд з жирами та ферментними препаратами сповільнюють черствіння низькобілкового хліба.

Американські вчені встановили, що мальтодекстрини з високим рівнем еквіваленту декстрази також сприяють уповільненню процесу ретроградації, тим самим позитивно впливаючи на збереженість безбілковим хлібом свіжості [64].

Нові підходи у створенні безбілкових продуктів полягають у підвищенні їх харчової цінності шляхом збагачення харчовими волокнами, вітамінами, мінеральними речовинами тощо.

Збагачення безбілкових хлібобулочних виробів харчовими волокнами є предметом наукових досліджень багатьох вчених [60]. Так, наприклад, дослідниками запропоновано додавання різних харчових волокон (кукурудзи, ячменю, вівса) до складу низькобілкового хліба на основі крохмалю кукурудзи та ГПМЦ. Встановлено, що додавання кукурудзяних та вівсяних волокон позитивно впливає на органолептичні показники якості. Мікрофотографії м'якушки хліба показали, що крохмаль з кукурудзяними і/або вівсяними волокнами створює структуру з добре розвиненою пористістю. Крім того, додавання волокон в кількості 9 г/100 г продукту збільшує загальний вміст волокон у хлібі в 2,2 рази [93].

Вчені [94] включили інулін (в кількості 8%) в рецептуру безбілкового хліба на пшеничному крохмалі. При цьому вміст інуліну збільшився на 6,0%, а також покращився колір скоринки готового хліба в результаті гідролізу частини інуліну.

Дослідники розглянули питання щодо застосування квіноа як нового джерела збагачення безбілкових продуктів [95]. Інші вчені запропонували використання амаранту при виготовленні безбілкових виробів [96...101]. Квіноа, як і амарант є псевдозерновими, що мають високу харчову цінність та тільки нещодавно почали активно застосовуватись в якості нових функціональних інгредієнтів. Вчені [99] провели дослідження з використання цих продуктів та встановили, що якість низькобілкового хліба покращується та підвищується загальний вміст харчових волокон.

З метою покращення смакових властивостей безбілкових продуктів, а також підвищення їх харчової цінності до рецептур включають різні добавки, наприклад сухий овочевий порошок [102]; сухі приправи, спеції, трави [103].

З вищевикладеної інформації випливає, що для створення спеціального безбілкового хліба в якості основної сировини виробники і вчені частіше всього використовують крохмалі різної природи (кукурудзяний,

картопляний, пшеничний, рисовий та деякі інші), а також загущувачі різноманітного походження. Слід зазначити, що дослідники не припиняють пошук нових рецептурних компонентів і постійно вивчають питання тістоутворення в безклейковинних тістових для забезпечення формування їх структури з метою покращення якості низькобілкового хліба, розширення асортименту безбілкових хлібобулочних виробів з урахуванням доступності сировини на ринку кожної країни, традицій харчування та інших факторів.

Вивчення функціонально-технологічних властивостей сировини, що використовується при виробництві безбілкового хліба, дозволить визначити її роль і обґрунтувати вибір рецептурних компонентів під час створення нового хліба.

1.3 Функціонально-технологічні властивості низькобілкової сировини

Як показує огляд літератури, найпоширенішим у технологіях низькобілкових продуктів є крохмаль кукурудзяний (маїсовий) [48...75, 65, 82, 83, 97]. Це може бути пов'язано з тим, що він серед зернових крохмалів найкраще проявляє такі властивості, як здатність загущувати розчини, брати участь в утворенні структури, утримувати вологу в системі. Крім того, цей крохмаль має низький глікемічний індекс, що дуже важливо при великому вуглеводному навантаженні на організм хворого у безбілковій дієті. При взаємодії з водою крохмаль утворює молочно-білий непрозорий клейстер, який має невисоку в'язкість, із ароматом і присмаком, характерними для зерен кукурудзи. Після термообробки клейстер твердіє і утворюється міцний драгль, близький за властивостями до зернового пшеничного крохмалю [104...106]. Цей крохмаль за кордоном широко використовують для загущення соусів, при виробництві булочних та кондитерських виробів. Кукурудзяний крохмаль використовується в кондитерській промисловості при відливанні м'яких цукерок та корпусів шоколадних цукерок [107].

Поряд із кукурудзяним крохмалем в рецептурах низькобілкових продуктів використовують картопляний крохмаль [36, 57, 108]. Він утворює з водою в'язкий прозорий клейстер. Завдяки гідрофільним властивостям амілози та амілопектину, а також наявності тонкопористої структури зерна картопляного крохмалю володіють особливо високою гігроскопічністю. Картопляний крохмаль використовується при виготовленні фруктових-ягідних киселів, для загущення супів, соусів, підливок, для стабілізації деяких видів кондитерських кремів [104, 107].

Подібні до картопляного крохмалю властивості має крохмаль тапіоки, використання якого в технологіях низькобілкових продуктів доволі розповсюджено за кордоном. В харчовій промисловості, наприклад, для дитячого харчування тапіоку використовують у вигляді хімічно модифікованих продуктів. Оскільки крохмаль тапіоки за своїми властивостями подібний до картопляного крохмалю, в харчовій промисловості він може бути використаний при виробництві аналогічних продуктів [104].

Досить часто, при легкій доступності на ринку рисових крохмалів, їх використовують під час створення низькобілкових безглютенових виробів [75, 110]. При взаємодії з водою крохмаль утворює мутний гель низької в'язкості, який володіє високою стабільністю при зберіганні. Рисовий крохмаль використовують в якості стабілізатора білих соусів, яким він надає стійкість до процесів заморожування та відтавання. Крім того, низький рівень натрію у рисовому крохмалі та велика кількість легкозасвоюваних вуглеводів обумовлюють його використання у дієтичному харчуванні [104].

Крохмаль, отриманий із зерна пшениці, також використовується у технологіях низькобілкових продуктів [35, 111]. З водою пшеничний крохмаль утворює непрозорий гель. Він близький за властивостями до кукурудзяного крохмалю, але при однакових концентраціях клейстери, виготовлені із пшеничного крохмалю, мають нижчу в'язкість і проявляють підвищену тенденцію до утворення м'яких драглів у порівнянні із крохмалем кукурудзи [107].

Крохмаль високоамілозний кукурудзяний застосовується в харчовій промисловості для приготування їстівної плівки та покриттів [112]. У безбілкових виробках він може використовуватися як добавка-загущувач у поєднанні з іншими крохмалями [111].

В хлібопеченні серед функціонально-технологічних властивостей крохмалів найбільшу роль відіграють набрякання, клейстеризація і ретроградація. Основні функціонально-технологічні властивості різних видів крохмалів за даними [113] наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Основні функціонально-технологічні властивості крохмалів

Джерело крохмалю (вид сировини)	Вміст амілози, %	Темп-ра початку клейст-ції, ° С	Темп-ра максимальної в'язкості, ° С	$\mu_{\max}$ од. прил. Брабенд.	$\mu_{\min}$ од. прил. Брабенд.	$\mu_{\max}/\mu_{\min}$
Картопля	21	60	65	880	380	2,3
Кукурудза	28	70	77	150	112	1,3
Кукурудза воскоподібна	0,8	60	70	770	340	2,3
Горох	35	58	72	145	160	0,9
Рис	18	65	75	490	205	2,4
Пшениця	26	58	74	345	260	1,3
Жито	27	57	80	230	200	1,15
Ячмінь	25	55	85	280	220	1,27

Відомо, що вміст амілози в крохмалі визначає ступінь його кристалічності. Більшість крохмалів із зернової сировини (пшениця, жито, ячмінь, кукурудза) мають високий ступінь кристалічності внаслідок високого вмісту амілози (табл. 1.6), яка утворює міцну, компактну, кристалічну структуру крохмальних зерен. За рахунок цього крохмалі з зернової сировини утворюють при нагріванні з водою більш міцні крохмальні драгли. Тому, під час створення безбілкового безклейковинного тіста перевага при виборі крохмальної складової надається саме крохмалю із зернової сировини.

Взаємодія крохмальних зерен з водою при нагріванні супроводжується процесами набрякання і клейстеризації та характеризується зміною в'язкості утворених клейстерів. Цей процес є значущим показником поведінки крохмалів, що впливає на якість структури харчових продуктів [104, 114].

Так, наприклад, проф. Гринченко О.О. [115] вивчалися питання структуроутворення в трьохкомпонентній системі «крохмаль-вода-загущувач» з вологістю в межах 75...85% і було зроблено припущення, згідно якого за температури 1...60° С така система є седиментаційно нестійкою суспензією. Підвищення температури до 89...91° С призводило до втрати первинної упаковки крохмальних зерен та розвитку їх поверхонь (клейстеризація крохмалю), активізації гідрофільних центрів полісахаридів, що входять до складу зерен (амілоза, амілопектин), а також сорбції загущувача з водного розчину на поверхні зерен. Ця властивість крохмалю пояснюється його здатністю сорбувати в процесі клейстеризації воду, а, отже, й попередньо розчинені в ній речовини.

Відомо, що бульбові крохмалі мають кращу здатність до клейстеризації, ніж зернові. Адже, вони містять в своєму складі до 20% води та форма зв'язку крохмалю з компонентами мікроструктури сировини – рідинна [114]. Натомість, крохмалі, отримані зі злакових рослин, містять в своєму складі до 13% води та форма зв'язку крохмалю з компонентами мікроструктури сировини – адгезійна [114]. У зв'язку з цим клейстеризація картопляного крохмалю починається вже за температур 59...64° С, тоді як клейстеризація кукурудзяного крохмалю – за температур 62...70° С.

В процесі охолодження крохмального клейстеру молекули структурних полісахаридів стають менш розчинними і виявляють тенденцію до утворення агрегатів і часткової кристалізації. В системах з високою концентрацією крохмалю утворюється драгль на основі тривимірної сітки полісахаридних молекул. У кристали міцели включаються молекули як амілози, так і амілопектину: вони переплітаються одна з одною, поєднуючись молекулярними ланцюжками. Кристалічна область, що включає як набряклі зерна, так і водний розчин між зернами, в значній мірі визначає міцність і пружність утвореного драглю [114].

Коли драгли крохмалю піддаються тривалому періоду зберігання, крохмальні зерна стискаються, ущільнюються, їх об'єм зменшується та

виділяється деяка кількість рідкої фази. Цей процес призводить до черствіння хлібобулочних виробів [109, 116, 117].

Вивчення процесу черствіння і розроблення способів його сповільнення постійно знаходиться під пильною увагою науковців. В цілому, способи сповільнення черствіння ґрунтуються на додаванні речовин, що уповільнюють втрату зв'язаної вологи (загусники та гелеутворювачі, редукувальні речовини), попереджають рухливість води (жири, емульгатори), змінюють структуру білка і крохмалю (ферменти), виявляють консервуючий ефект (кислоти і антиоксиданти) [118]. При виборі способів сповільнення черствіння слід враховувати вид і типи використовуваного борошна, рецептуру тіста, способи тістотворення, технологічні прийоми, моделі механізмів, що оброблюють тісто, конструктивні особливості печей, типи пакувальної плівки.

Оскільки безбілковий хліб виробляється на основі крохмалю, то він має високу здатність до черствіння і постійно йде пошук різних способів сповільнення черствіння і підвищення термінів його зберігання.

В якості основної сировини для безбілкових виробів виступають також загущувачі і гелеутворювачі, оскільки без них неможливо створити потрібну структуру безбілкового тіста на основі крохмалю. Із усього арсеналу загущувачів для безбілкового хліба доцільно вибирати загущувачі полісахаридної, а не білкової, природи. Слід проаналізувати передумови та перспективи їх використання у безбілкових виробках.

Термін «загущувачі, або стабілізатори структури» використовується для позначення групи функціональних добавок із властивостями полімерів з молекулярною масою $10^5 \dots 10^6$, які вносять у рідкі або тверді продукти харчування в процесі їх виготовлення з метою надання бажаної в'язкості або консистенції, а також у харчові дисперсні системи (емульсії, суспензії) для їх стабілізації [119]. Цю групу добавок різні дослідники ще називають вологоутримуючі добавки чи агенти, набухаючі чи гідрофільні добавки, гідроколоїди [120...125].

За джерелами отримання загущувачі класифікують на такі групи: отримані з наземних рослин, з сировини тваринного походження, з водоростей і методом мікробного синтезу [122...126].

За хімічною природою загущувачі представлені двома видами біополімерів – полісахаридами та білками, особливості будови яких визначають індивідуальну специфіку поведінки кожного з них у гідрофільному середовищі (в харчових системах) за різних умов. Кожний окремий загущувач володіє певними властивостями, а саме: має здатність до розчинення чи гелеутворення, може підвищувати в'язкість харчових систем, стабілізувати дисперсні системи (суспензії, емульсії, піни), бути по-різному стабільним до дії температур, солей, зміни рН і т.ін. Основні загущувачі, що дозволені до використання в харчових продуктах на території України, наведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Основні загущувачі, що дозволені до використання в Україні

Найменування загущувачів	Код	Технологічна функція
Мікробного походження		
Ксантанова камедь (Xantan gum)	E 415	Загущувач, стабілізатор емульсій та пін, вологоутримуючий агент, покращувач реологічних властивостей тіста
Геланова камедь (Gellan gum)	E 418	Загущувач, стабілізатор, желуючий агент
Рослинного походження		
Агар (Agar)	E 406	Загущувач, желуючий агент
Карагенан (Carrageenan)	E 407	Загущувач, желуючий агент
Камедь рожкового дерева (Locust carab bean gum)	E 410	Загущувач, стабілізатор, желуючий агент
Вівсяна камедь (Oat gum)	E 411	Загущувач, стабілізатор емульсій та пін
Гуарова камедь (Guar gum)	E 412	-«-
Трагакант (Tragacanth gum)	E 413	-«-
Гуміарабік (Gum arabik)	E 414	-«-
Карайї камедь (Karaya gum)	E 416	-«-
Камедь тари (Tara gum)	E 417	-«-
Пектини (Pectins)	E 440	Загущувачі, драглеутворювачі
Модифіковані крохмалі	E 1400- E 1405	Загущувачі, стабілізатори емульсій та пін
Альгінати (Alginate)	E 400- E 405	Загущувачі, стабілізатори
Декстран		Стабілізатор, вологоутримуючий агент
Арабіногалактан	E 409	Загущувач, стабілізатор, желуючий агент
Тваринного походження		
Желатин		Драглеутоврвувач, вологоутримуючий агент, покращувач реологічних

Огляд літератури показав, що часто для безбілкових виробів використовують модифіковані крохмалі, пектини, альгінати, карагенани, гуарову камедь, камедь рожкового дерева, гуміарабік, целюлозу та її похідні, ксантанову камедь.

Модифіковані крохмалі одержують шляхом фізичної, хімічної або комбінованої обробки нативних крохмалів з метою направленої зміни їх властивостей. Модифікація крохмалів підвищує їх розчинність в холодній

воді, драглеутворюючу, згущуючу здатність та здатність стабілізувати емульсії [125...127]. Поява нових структуруючих властивостей обумовлює їх застосування у технологіях безбілкових виробів [56, 61, 161].

Особливу групу високомолекулярних полісахаридів представляють пектинові речовини [128...130]. Особливості хімічної будови пектинових молекул (ступінь етерифікації) визначають різницю їх фізико-хімічних властивостей, головними серед яких є розчинність, драглеутворення та комплексоутворююча здатність. Основна властивість, на якій засновано застосування пектинів у харчових технологіях – здатність утворювати драглеподібну структуру при високій концентрації цукру у кислому середовищі. Але у безбілкових тістових системах пектини використовуються завдяки своїм загущуючим властивостям [44, 73, 111, 131, 132]. Застосовують пектини також у виробництві борошняних виробів для підвищення терміну зберігання [133, 134].

Альгірати за своїми технологічними функціями є загусниками, драгле- та структуруювачами. Застосування альгіратів в харчових технологіях здебільшого засновано на здатності їх водорозчинних сольових форм в присутності іонів кальцію утворювати драглеподібні структури. У безбілкових виробках, при відсутності іонів кальцію, альгірати виступають, як речовини з високою в'язкістю розчинів [44, 72, 135].

Карагенани (к-карагенан, і-карагенан та λ-карагенан) у харчових системах використовують завдяки їх здатності утворювати в'язкі розчини; крім того к-карагенан і і-карагенан за певних умов (в присутності іонів K^+ , Na^+ , Ca^{2+} при рН 4,0...10,0) здатні утворювати стійкі драглі за кімнатної температури. У безбілкових виробках карагенани виступають як речовини з високою в'язкістю розчинів [44, 67, 72].

Досить часто в технологіях безбілкових і безглютенових продуктів використовується гуарова камедь [36, 60, 63, 67, 69, 82, 83, 92, 131, 135]. Її застосування обумовлено здатністю утворювати в'язкі розчини, а також невисокою вартістю. Але слід враховувати, що гуарова камедь містить від 6,0 до 10% білка залежно від способу її одержання і має меншу загущуючу здатність у порівнянні з іншими добавками цієї дії. Крім того, гуарова камедь не підлягає тривалому нагріванню за температур близьких до 100° С [119, 123, 136] (під час випічки вона може втрачати свої властивості). Тому гуарова камедь у безбілкових виробках частіше використовується в комбінації з іншими загущувачами. Також відомо, що гуарова камедь проявляє синергичний ефект у суміші із КМЦ, карагенанами та ксантаном. Російськими і вітчизняними вченими запропоновано використовувати суміш гуару та ксантану для виробництва хліба зі зниженим вмістом білка [36, 73].

Є відомості, що гуарова камедь може бути використана також під час лікувально-профілактичного харчування як регулятор надходження та виведення шкідливих речовин з організму, а також для зменшення рівня холестерину в крові, а у хворих інсулінозалежним діабетом – зниження необхідної дози інсуліну [137].

В технологіях безбілкових і безглютенових хлібобулочних виробів застосовується також гуміарабік [88]. За хімічною будовою гуміарабік є полісахаридом, що складається із мономерів D-галактози, пов'язаних β -(1,3)-глікозидним зв'язком з багатьма розгалуженнями. Завдяки цьому загущувач має бездоганні емульгуючі властивості, утворює розчини дуже низької в'язкості. Дослідження підтвердили, що гуміарабік нетоксичний, легко розчинний у воді, не має кольору, не володіє вираженими смаком та ароматом та не змінює смак та запах харчової системи [120, 121].

До групи харчових добавок целюлозної природи, які використовуються в технологіях хлібобулочних та кондитерських виробів, в тому числі, і безбілкових входять продукти механічної та хімічної модифікації та деполімеризації природної целюлози. Найбільш часто використовують КМЦ та ГПМЦ завдяки створенню добавками необхідної консистенції безбілкових систем та забезпеченню високих органолептичних властивостей готових виробів [44, 67, 131, 69, 70, 72, 73, 84, 85, 88, 135, 138, 139].

Слід зазначити, що перспективним видом добавок для харчових продуктів є полісахариди мікробного походження, які володіючи поліфункціональними властивостями, можуть виступати як в ролі регуляторів консистенції в харчових системах [140], так і в якості покращувачів властивостей сировини хлібопекарського виробництва: борошна, дріжджів [141...143].

Серед речовин цієї групи найпоширенішим є гетерополісахарид ксантан (ксантанова камедь Е 415) [120, 136, 144]. Це поліаніонний гетерополісахарид (рис. 1.3), до складу молекули якого входять залишки D-глюкози, D-манози і D-галактуранової кислоти у співвідношенні 3:2:2. Крім того, у макромолекулі ксантану містяться залишки піровиноградної кислоти.

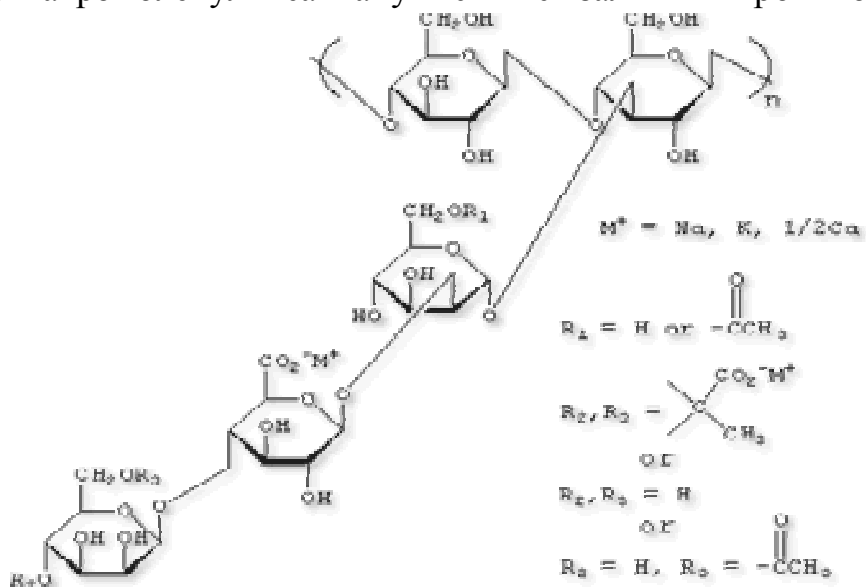


Рисунок 1.3 – Молекулярна структура ксантану

Наявність в структурі ксантану вільних карбоксильних груп органічних кислот обумовлює його властивість зв'язувати іони важких металів у шлунково-кишковому каналі з наступним утворенням нерозчинних

комплексів, які не всмоктуються та виводяться з організму, тобто він виявляє радіопротекторні властивості.

Є відомості, що ксантан використовується в якості плівкоутворювача у складі напилень або заздалегідь сформованих плівок для упаковки харчових продуктів та подовження терміну їх зберігання [112].

Вченими накопичено позитивний досвід використання ксантану в борошняних виробих [145, 146]. При виготовленні виробів з дріжджового тіста із борошна зі зниженим вмістом клейковини додавання ксантану українського виробництва під торгівельною назвою «ксампан» [147] підвищує їх якість, покращує пористість і пружно-еластичні властивості м'якушки виробів, а також уповільнює процес їх черствіння.

Є відомості, що за рахунок внесення ксампану можливо поліпшити технологічні і структурно-механічні властивості виробів з бездріжджового тіста (вареників, пельменів, локшини домашньої). Екзополісахарид, який приймає участь в утворенні білково-полісахаридних комплексів, сприяє зміцненню клейковини пшеничного борошна, що має позитивний вплив на структуру бездріжджового тіста [148, 149].

Встановлено, що додавання цього мікробного полісахариду сприяє поліпшенню якості листового тіста. Його присутність істотно впливає на реологічні властивості тіста, збільшує його в'язкість, формоутримуючу здатність, зменшує розпливчастість. Випечений листовий напівфабрикат з додаванням препарату значно перевершує за якістю вироби без добавки за такими показниками, як висота підйому, об'ємний вихід, крихкість, а також за органолептичною оцінкою [150].

Спеціалістами кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів ХДУХТ [151] був розроблений спосіб активації дріжджів за присутності полісахариду ксампану. Встановлено, що внаслідок активації дріжджів покращуються їх біотехнологічні властивості, а саме підвищується підйомна сила, зимазна та мальтазна активності. Цей спосіб активації був покладений в основу прискореної технології виробництва дріжджового тіста [143, 152].

Рекомендовано використання ксампану для приготування млинцевого тіста з борошна з середньою та слабкою клейковиною [153]. Ксантан сприяє покращенню структурно-механічних властивостей млинцевого напівфабрикату, а також тривалішому збереженню його свіжості.

Введення добавки у ячно-цукрову суміш для бісквітного тіста під час збивання сприяє підвищенню її піноутворюючої здатності, стійкості піни і скороченню процесу збивання. Бісквітний напівфабрикат з додаванням ксампану має тонкостінну пухку м'якушку, більш тривалий час зберігає свіжість [154...156].

Показано важливу роль цієї камеді у формуванні водно-жирової емульсії для приготування пісочного печива. Препарат може використовуватися для виготовлення виробів з пісочного тіста на олії. Готові вироби, що виготовлені на основі соняшникової і кукурудзяної олії з

додаванням ксампану, відрізняються підвищеними показниками якості порівняно з традиційними [157, 158]. Біополімер сприяє поліпшенню реологічних властивостей різних видів кондитерського тіста і оздоблювальних напівфабрикатів, а також покращенню якості готових виробів [159...163].

Враховуючий широкий спектр можливих шляхів застосування ксантану в технологіях продуктів борошняної групи можна стверджувати, що ксантан є дуже ефективним загущувачем (структуроутворювачем) харчових систем. Напевно, тому він так часто застосовується за кордоном і у складі різних тістових систем рецептурних компонентів, що забезпечують формування структури безбілкових і безглютенових хлібобулочних виробів [65, 67, 131, 135, 138, 139].

Тісто для виробництва безбілкових хлібобулочних виробів, крім крохмалю і загущувача, повинно містити також інші види сировини.

Аналіз літератури показує, що в незначній кількості під час виробництва безбілкових виробів можна додавати борошно житнє [111, 164], або пшеничне [29]. Кількість білка, що вноситься з цими видами сировини невелика, але смакові і структурні властивості виробів значно покращуються. Оскільки борошно в своєму складі містить білок, дуже важливо точно врегулювати його кількість в рецептурі, адже саме вміст білка – показник, який в першу чергу чітко нормується технічною документацією для безбілкових виробів [6]. Перевагу доцільно віддати використанню житнього борошна. На відміну від пшеничного борошна, яке містить 10,3% білка (борошно пшеничне вищого сорту), житнє борошно містить 8,9% білка (борошно житнє обдирне). Білкові речовини житнього борошна, поряд із крохмалем, геміцелюлозами та іншими біополімерами, швидко набрякають, зв'язують значну кількість води. Велика частина їх здатна до необмеженого набухання і пептизації, внаслідок чого утворюються в'язкі колоїдні розчини. У житньому борошні поряд з β -амілазою в активному стані міститься α -амілаза. Це є підґрунтям для глибшого розщеплення крохмалю і накопичення в тісті низькомолекулярних декстринів, а також мальтози, яка є основним цукром для живлення дріжджів [109].

Як показали дослідження [36, 111, 164], безбілковий хліб доцільно одержувати з використанням дріжджів, хоча існують рецептури дієтичного безбілкового хліба на хімічних розпушувачах [111]. Вироби з використанням дріжджів більш схожі на традиційний хліб за смаком, запахом, характером структури. Під час виробництва безбілкових виробів в домашніх та виробничих умовах можна використовувують, як пресовані дріжджі, так і сухі.

Слід зазначити, що на газоутворення дріжджів в тісті впливає наявність в рецептурі виробів цукру та жирових продуктів. Чим більше цих рецептурних компонентів, тим більше повинно бути дріжджів. За високих концентрацій цукру в тісті знижується газоутворення. Відомо, що високі концентрації сахарози (більше 12%) збільшують осмотичний тиск, що призводить до втрати внутріклітинної води дріжджовою клітиною. При

цьому знижується бродильна активність дріжджів та, відповідно, газоутворення в тісті. Відомо, що додавання в тісто жирових компонентів в значних кількостях також викликає зниження газоутворення, що обумовлено обгортанням поверхні дріжджових клітин адсорбованими жировими плівками. Це уповільнює або зупиняє проникнення розчинних поживних речовин крізь клітинну оболонку, порушуючи процеси метаболізму дріжджів [109, 116, 165].

Огляд літератури показує, що закордонні виробники для безбілкових виробів переважно використовують сухі дріжджі. Перші сухі дріжджі порівняно з пресованими мали нижчу бродильну активність внаслідок біохімічних змін у дріжджовій клітині при висушуванні. Але, починаючи з 70-х років минулого століття і сьогодні, провідні іноземні фірми, застосовуючи новітні технології, виробляють сухі дріжджі з високою ферментативною активністю і подовженим терміном зберігання.

Світовим лідером з виробництва активних сухих дріжджів є група ЛЕ-САФР (Франція). Дріжджі цієї фірми під торговою маркою «САФ-ЛЕВІЮР» являють собою гранули, вкриті захисним шаром спеціального покриття, що забезпечує їх природний захист під час сушіння [166]. В Україні також випускаються високоактивні сухі дріжджі (ТМ «Львівські дріжджі»), які мають підйомну силу навіть вищу, ніж у пресованих дріжджів (до 25×60 с проти 40×60 с у пресованих дріжджів того ж виробника) [167]. Крім того, в Україні представлені високоактивні дріжджі закордонних фірм виробників з Франції («САФ-Інстант»), Турції («Пакмая»), Голландії («Brocades»). Деякі дріжджі цих виробників відносяться до типу «Інстант», тобто вони можуть вноситися безпосередньо в сухому вигляді під час замішування тіста. Це враховують при розробленні сухих сумішей для безбілкових хлібобулочних виробів, коли дріжджі змішують з рештою сухих компонентів.

Цікавим є той факт, що у закордонних технологіях безбілкових і безглютенових виробів сумісно використовуються дріжджі і хімічні розпушувачі [35, 43, 46]. Як хімічні розпушувачі застосовують гідрокарбонат натрію, карбонат амонію, калій виннокислий кислий або їх суміш. При їх використанні у дріжджовому тісті воно додатково розпушується газами, що утворюються у процесі розкладу цих солей при підвищеній температурі.

Раніше було зазначено, що вода в безбілковому хлібі також виступає основною сировиною, оскільки вона є важливим технологічним компонентом біохімічних і колоїдних процесів в тісті. Крім того, від кількості води залежать також структурно-механічні властивості тіста, інтенсивність процесів, що відбуваються в процесі утворення і дозрівання тіста. Вода, що використовується для виготовлення хлібобулочних виробів, повинна відповідати вимогам ГОСТ 2874. Інших вимог до якості води, що використовується для безбілкового хліба, а саме вимог до її пом'якшення, чи надання більшої жорсткості, як це краще для макаронних виробів, в літературі не виявлено.

Після розгляду функціонально-технологічних властивостей основної сировини доцільно навести відомості щодо використання додаткової сировини у безбілкових виробках. Додатковою сировиною може бути сіль, цукор, жири, смакові, ароматичні, збагачувальні добавки тощо.

У традиційному хлібі сіль відноситься до основної сировини. Вона не тільки виступає смаковим компонентом, але і приймає участь у формуванні структури хліба за рахунок впливу на білки клейковини. Оскільки в хлібі безбілковому частка білка незначна, то і вплив солі на формування структури тіста і хліба буде не виражений. Кількість солі для безбілкового хліба обирається лише за показником смаку.

Встановлено, що цукор і жир додають у рецептуру безбілкових виробів з метою покращення їх смаку, аромату, кольору та структури, а також для покращення перебігу біохімічних та мікробіологічних процесів у безбілковому тісті.

Відомо, що цукор має дегідратаційні властивості, що призводить до розрідження тіста за високих його концентрацій. Під час контакту з водою молекули цукрів вкриваються гідратними оболонками, що збільшує їх міжмолекулярний об'єм, знижує швидкість дифузії при набуханні біополімерів. Цукор сприяє тому, що осмотичний тиск в інтерміцелярній рідині буде більший, ніж всередині міцели, внаслідок чого біополімери дуже обмежено набухають, що сприяє утворенню тіста з пластичними властивостями. Перевищення вмісту цукру в пшеничному тісті сприяє розпливанню тістових заготовок, вони виявляють липкі властивості [109, 116, 117].

Під час використання жиру в безбілкових виробках враховують його харчову цінність, здатність до зберігання, фізичний стан, вартість, наявність на ринку. З точки зору харчової цінності доцільно використовувати олії. В оліях містяться ненасичені жирні кислоти, а також фосфоліпіди, які регулюють обмінні процеси в організмі [168...170]. Але олії не стійкі під час зберігання, і при створенні продукції тривалого зберігання можуть використовуватися наявні на ринку сучасні кондитерські жири та маргарини, що характеризуються високою стійкістю до окиснення.

Відомо також, що високою харчовою цінністю характеризується вершкове масло. Але використання його у безбілкових виробках промислового виробництва обмежено через високу його вартість. Крім того, вершкове масло містить білок на рівні 0,6...1,3%. Є відомості щодо його використання в рецептурах для домашнього приготування безбілкової випічки [22].

Таким чином, вивчення функціонально-технологічних властивостей сировини, що використовується при виробництві безбілкового хліба, дозволяє визначити її роль і дає підстави для вибору основних рецептурних складових під час створення нових технологій безбілкових виробів.

Далі доцільно провести аналіз рецептур і технологій безбілкового хліба, дійсних в Україні, і з'ясувати ряд проблемних питань, які виникають під час виробництва зазначеної вітчизняної продукції.

1.4 Аналіз рецептур і технологій безбілкового хліба, дійсних в Україні

Проведений огляд літературних джерел дозволив визначити, що в Україні на сьогоднішній день існує лише три чинних рецептури, за якими можна виготовляти безбілковий хліб. За показниками якості такі вироби відповідають вимогам ДСТУ 4588:2006 “Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання” [6] і вміст білка у них не перевищує 2,2% у перерахунку на СР. Це хліб безбілковий з пшеничного крохмалю (1975 р.) [111], хліб безбілковий безсольовий (1975 р.) [111] та хліб дієтичний безбілковий з суміші крохмалів (2011 р.) [36]. Рецептури на хліб безбілковий з пшеничного крохмалю та хліб безбілковий безсольовий наведені в табл. 1.8 та технологічні схеми їх виробництва представлені на рис. 1.4... 1.5.

Таблиця 1.8 – Чинні в Україні рецептури безбілкового хліба для харчування при ФКУ

Найменування	1 Хліб безбілковий з пшеничного крохмалю [111]	2 Хліб безбілковий безсольовий [111]
Крохмаль кукурудзяний		91,4
Крохмаль-сирець пшеничний (вологість 40%)	128,00	
Крохмаль картопляний		
Крохмаль амілопектиновий набухаючий (вологість 13%)	12,0	
Суміш камедей гуару та ксантану		
Кукурудзяно-солодовий екстракт	4,0	
Борошно житнє обойне		8,6
Дріжджі пресовані		3,0
Цукор білий кристалічний	2,0	1,0
Сіль	0,2	
Олія рослинна рафінована		16,0
Олія рослинна для змащування форм	0,3	0,25
Масло вершкове	5,0	
Сода (гідрокарбонат натрію)	1,2	1,3
Патока крохмальна		22,00
Кислота лимонна	0,3	
Пектин харчовий		3,8
Калій виннокислий кислий	2,7	
Вітаміни (В ₁ , В ₂ , РР, В ₆)	0,02	
ВСЬОГО:	155,56	147,35
Білки, г (в т.ч. ФА)	0,4	0,8
Жири, г	2,5	6,5
Вуглеводи, г	47,9	44,0
Енергетична цінність 100 г хліба, ккал/кДж	221,3/925,9	244,1/1021,3

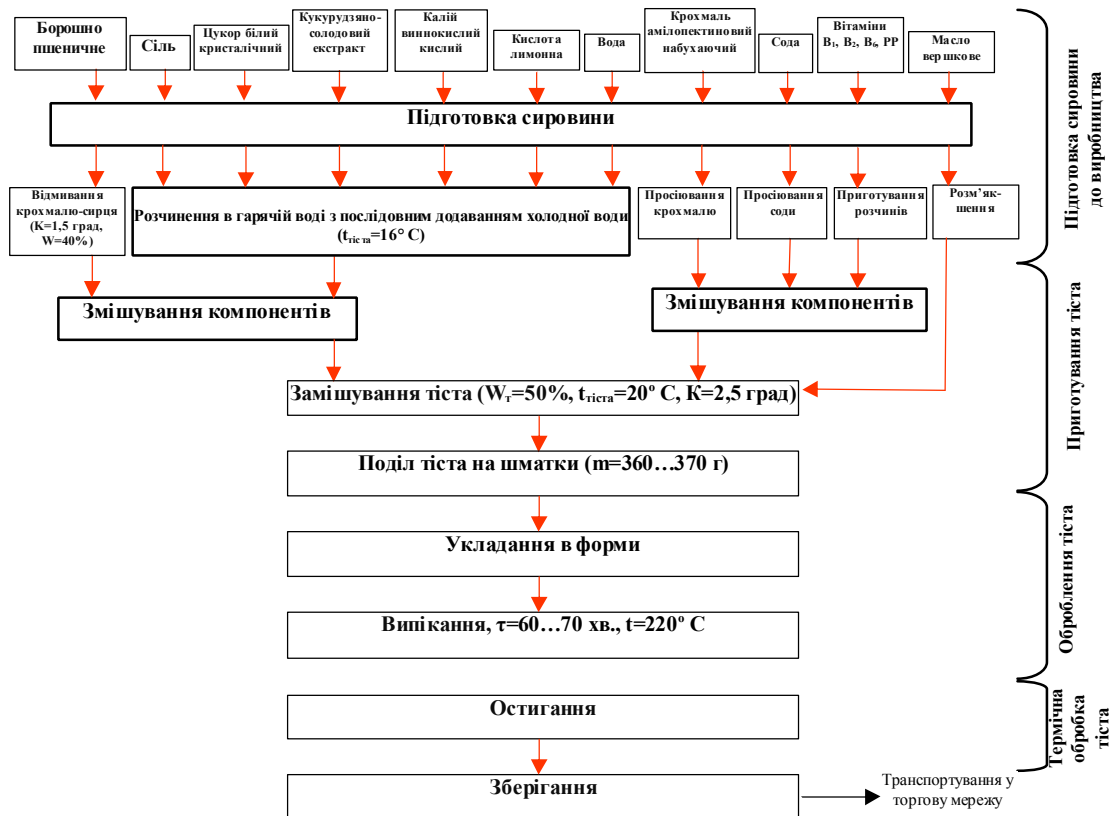


Рисунок 1.4 – Технологічна схема виготовлення хліба безбілкового зі свіжовідмитого пшеничного крохмалю [111]

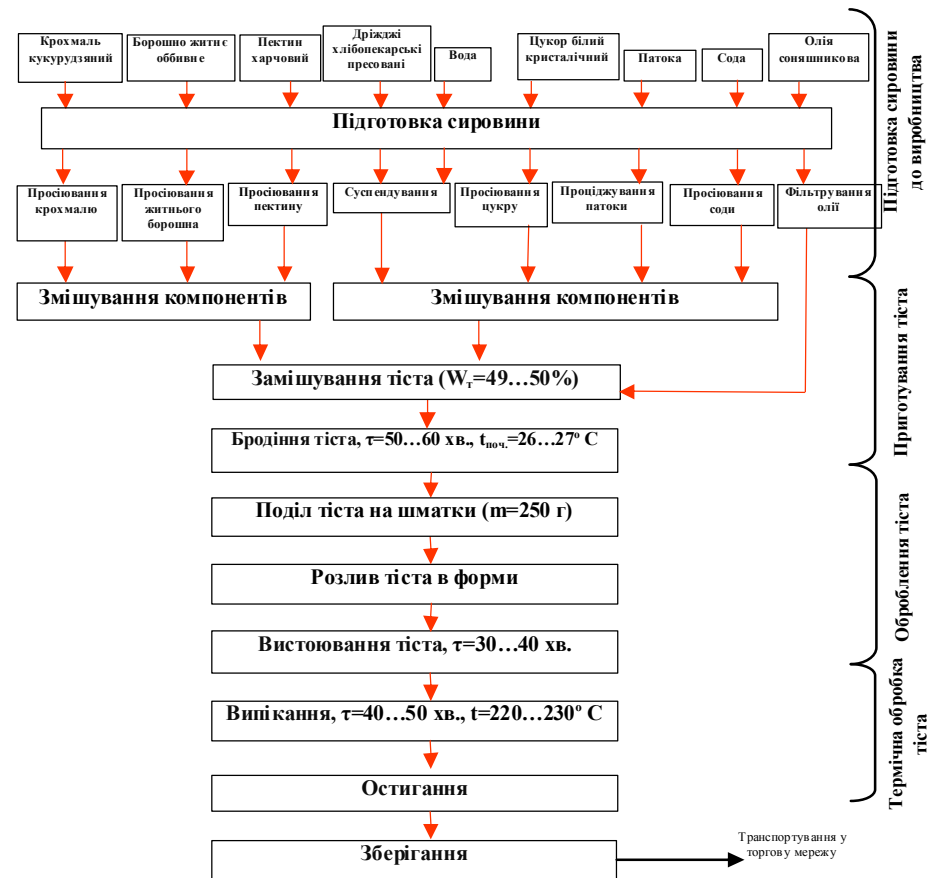


Рисунок 1.5 – Технологічна схема виготовлення хліба безбілкового безсольового [111]

Рецептури хліба безбілкового з пшеничного крохмалю та хліба безбілкового безсольового були розроблені ще у колишньому СРСР. За часів існування СРСР питання щодо випуску і розповсюдження в регіони спеціальних безбілкових виробів, а також білкових гідролізатів для дієтотерапії хворих на ФКУ вирішувалися у відділі гігієни харчування Міністерства охорони здоров'я СРСР (м. Москва). Саме в той період були розроблені і затверджені у встановленому порядку зазначені рецептури, за якими безбілковий хліб могли виробляти хлібопекарські підприємства в будь-якому регіоні колишнього СРСР. В Україні вони і сьогодні залишаються чинними.

Першою вітчизняною розробленою і затвердженою у встановленому порядку рецептурою є рецептура хліба дієтичного безбілкового з суміші крохмалів для харчування при безглютеновій і безбілковій дієті. Рецептура була розроблена українськими вченими Національного університету харчових технологій (м. Київ) д-ром техн. наук, професором В.І. Дробот та канд. техн. наук А.М. Грищенко.

З табл. 1.8 видно, що хліб безбілковий зі свіжовідмитого пшеничного крохмалю виготовляється на хімічних розпушувачах без використання дріжджів, що значно погіршує смак та аромат виробу. Цей виріб з пшеничного крохмалю тільки за формою та характером пористості нагадує хліб. Крім того, його виробництво передбачає приготування свіжовідмитого пшеничного крохмалю-сирця, за рахунок чого даний спосіб виробництва є вкрай нетехнологічним в умовах хлібопекарних виробництв. За цією технологією виріб досить давно не виготовляється на хлібопекарських підприємствах України і країн колишнього СРСР.

В Україні в промисловості випускається лише хліб за рецептурою безбілкового безсольового на хлібопекарських підприємствах Києва та Харкова. Нами було вивчено особливості виготовлення зазначеного виробу на підприємстві ПрАТ «Хлібозавод «Салтівський» (м. Харків). Встановлено, що підприємство випускає хліб безбілковий безсольовий масою 250 г один раз на два тижні обсягом 85 шт. за попереднім замовленням батьків хворих дітей. Оскільки кількість хліба невелика, його випускають на булочній лінії з періодичним замісом тіста. Даний виріб характеризується темною м'якушкою. Аналіз рецептури (табл. 1.8) показує, що до складу виробу входить значна кількість патоки крохмальної. Вона є ефективним джерелом редукуючих цукрів, які активно сприяють формуванню темної м'якушки хліба під час випікання. Напевно, для одержання світлої м'якушки доцільно виключити з рецептури хліба, перш за все, патоку. Крім того, велика кількість патоки може зумовлювати також текучу консистенцію тіста.

За запитом Харківського спеціалізованого медико-генетичного центру нами було прийнято участь в консультуванні хворих на ФКУ дітей і молоді старше 18 років із всіх областей України у січні...лютому 2013 р. щодо питань забезпечення спеціальними продуктами. На підставі опитувань були з'ясовані побажання хворих дітей і їх батьків відносно розробки вітчизняних безбілкових хлібобулочних виробів. Зокрема було відзначено, що хворі діти хотіли б

вживати хліб зі світлою м'якушкою і за зовнішнім виглядом схожий на той, що вживають здорові члени родини. Створення хліба безбілкового зі світлою м'якушкою дозволило б задовольнити цю потребу і розширити асортимент спеціального безбілкового хліба в Україні.

Виключивши патоку, доцільним є встановлення раціональної концентрації цукру, якої буде достатньо для забезпечення процесу дозрівання. Видно, що в рецептурі хліба безбілкового безсольового цукор білий кристалічний додається в кількості лише 1,0% до маси крохмалю. З метою створення оптимальних умов бродіння кількість рецептурного цукру може бути і збільшена, як, наприклад, в рецептурі хліба безбілкового з суміші крохмалів, де цукор додається в кількості 4,0% до маси суміші крохмалів.

Як видно з табл. 1.8, до складу рецептури безбілкового безсольового хліба входить борошно житнє оббивне в кількості 10% до маси крохмалю, яке також сприяє затемненню м'якушки хліба. Проте, вилучати його повністю з рецептури недоцільно, оскільки без борошна не вдається досягти характерного смаку і аромату хліба і, крім того, борошно приймає участь у формуванні структури хліба. Житнє борошно є джерелом амілолітичних ферментів (борошно має підвищену автолітичну активність), які забезпечують утворення мальтози з крохмалю, та, відповідно, сприяють живленню дріжджової клітини під час дозрівання тіста. До того ж, борошно житнє має багатий вітамінно-мінеральний склад. Тобто доцільним буде не виключення, а зменшення кількості борошна до мінімально можливого вмісту (порядку 5% до маси крохмалю).

Нами було також з'ясовано, що замішане тісто для хліба безбілкового безсольового має текучу консистенцію і вручну розливається у форми, що зумовлює низьку технологічність виробництва. Експериментально встановлено, що в'язкість такого тіста за малих швидкостей зсуву при вимірюванні на ротаційному віскозиметрі складає порядку 10^3 Па·с, в той час, тісто пшеничне, яке формується на тістоподільних машинах, має в'язкість порядку 10^4 Па·с [171]. Тому, на нашу думку, з метою механізації цієї операції доцільно підвищити в'язкість безбілкового тіста, що дозволило б формувати його на тістоподільних машинах.

Підвищення в'язкості тіста можна досягти шляхом застосування ефективних загущувачів та структуроутворювачів. З табл. 1.8 видно, що в рецептуру хліба безбілкового безсольового додається пектин харчовий. Цей компонент під час замішування хліба вноситься в сухому вигляді в діжу з рештою рецептурних компонентів. Проте відомо, що пектин в холодній воді не розчиняється, а гарно набрякає і розчиняється тільки при кип'ятінні з цукром [128, 133]. Можна припустити, що свої загущуючі властивості в безбілковому тісті пектин в достатній мірі не проявляє і заміна його більш ефективним загущувачем буде сприяти підвищенню в'язкості тіста.

Можна також сказати, що в рецептурах, що аналізуються (табл. 1.8), в якості структуроутворювальних добавок, без яких не можна одержати потрібну структуру безклейковинного хліба, використовуються: в першій –

амілопектиновий набухаючий крохмаль (10% до маси пшеничного крохмалю); в другій – пектин (3,8% до маси кукурудзяного крохмалю). Перспективним є використання окремо такого ефективного загущувача, як ксантанова камедь, яка навіть в незначних кількостях (0,1...0,5%) може дати потрібний ефект.

Значний вплив на формування рідкої консистенції безбілкового тіста має також високий вміст олії. За даними табл. 1.8, в рецептурі хліба безбілкового безсольового її вміст на 100 г сухої суміші з крохмалю кукурудзяного і борошна житнього складає 16,0 г. На нашу думку, зменшення кількості жиру буде сприяти підвищенню в'язкості тіста. Його кількість може бути зменшена в 2...2,5 рази і становити 3...5% як і в традиційних нездобних хлібобулочних виробах [172].

Поряд з цим, нами було розглянуто використання в рецептурах розпушувачів. В рецептурі хліба безбілкового безсольового має місце одночасне використання розпушувачів біологічної та хімічної природи (дріжджів пресованих і соди). Як правило, обидва ці розпушувачі використовуються одночасно в закордонних технологіях не тільки під час виробництва дієтичного безбілкового хліба, але і окремих видів традиційного [173, 174]. Традиційні хлібні вироби, згідно з означенням, це такі, що забезпечують у тій чи іншій мірі організм людини поживними речовинами та енергією, але не справляють на нього якоїсь цілеспрямованої функціональної дії. Вони призначаються для масового харчування [109, с.324].

З метою створення універсальної технології, яка може бути реалізована як в домашніх умовах, так і у промисловому виробництві, а також такої, яка в перспективі може лягти в основу технології сухої суміші для безбілкової випічки, доцільно використати сухі, а не пресовані дріжджі. Тим більше, за активністю сучасні сухі дріжджі можуть перевищувати пресовані [167].

Оскільки хліб безбілковий безсольовий рекомендований також і для харчування хворих з хронічною нирковою недостатністю, то в рецептурі відсутня сіль і хліб має недосолений смак. В безбілковій дієті для хворих на ФКУ натрій не обмежується, тобто сіль можна додати в безбілковий хліб в кількості, рекомендованій для традиційного хліба, та надати новому виробу приємного смаку. Кількість солі у традиційних хлібобулочних виробах коливається в межах 1,0...2,5% до маси борошна [109, с.44].

Слід зазначити, що сьогодні під пильною увагою науковців знаходиться питання покращення харчової цінності безбілкового хліба. Як видно з табл. 1.8, в рецептурі хліба безбілкового безсольового не містяться збагачувальні добавки. Проте, рецептура хліба на свіжовідмитому пшеничному крохмалі передбачає їх додавання у вигляді попередньо підготовлених розчинів вітамінів групи В та РР. У цьому випадку для збагачення використовуються ненатуральні добавки. Враховуючи наявність на ринку широкого спектру натуральних добавок з рослинної сировини, з метою підвищення харчової цінності безбілкового хліба доцільно було б обрати новий природний компонент, який є джерелом вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон.

Слід сказати, що проблемним питанням у виробництві безбілкового хліба є його збереженість. Хліб, що виготовляється за наведеними рецептурами (табл. 1.8), має термін зберігання лише 24×3600 с. Це ставить задачу підвищення термінів зберігання безбілкового хліба.

Аналіз технологій також показує, що внаслідок не характерного (як для традиційних сортів хліба) компонентного складу частіше всього безбілкове тісто готують прискореним способом, тривалість дозрівання складає $60 \dots 90 \times 60$ с [36, 111, 175].

Таким чином, проведений аналіз літературних джерел дозволив виявити проблемні питання у виробництві вітчизняного безбілкового хліба, що дає підставу для розроблення нової технології цього виробу з метою розширення асортименту вітчизняних безбілкових виробів, покращення технологічності виробництва, подовження терміну зберігання, а також підвищення харчової цінності

ГЛАВА 2

ОБГРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ ТА ЇХ СПІВВІДНОШЕННЯ В НОВОМУ БЕЗБІЛКОВОМУ ХЛІБІ

На підставі проведення аналізу теоретичних та практичних підходів до створення дієтичної продукції зі зниженим вмістом білка як за кордоном, так і в нашій країні (глава 1), нами було виявлено проблемні питання у виробництві нового безбілкового хліба та обрано шляхи вирішення зазначених проблем.

На першому етапі було вирішено обґрунтувати види рецептурних компонентів та їх співвідношення в новому безбілковому хлібі. Дослідження проводили за наступними напрямками:

- обґрунтування вибору структуроутворюючої добавки в рецептурі нового безбілкового хліба;
- дослідження властивостей системи рецептурних компонентів, що виконує роль «борошна безбілкового»;
- дослідження впливу структуроутворювача ксантану на пружно-еластичні, пластично-в'язкі та адгезійні властивості безбілкової тістової системи, а також на здатність тіста до розтягування і утримання газу в процесі бродіння;
- обґрунтування оптимальної вологості безбілкового тіста.

2.1 Обґрунтування вибору структуроутворюючої добавки в рецептурі нового безбілкового хліба

Попередньо проведений детальний аналіз діючих в Україні рецептур і технологій (глава 1, п. 1.4) дозволив визначити основні рецептурні компоненти нового безбілкового хліба з урахуванням їх технологічних властивостей і вимог безбілкової дієти, запропонувати можливість видалення чи взаємозаміни окремих складових. Так, з урахуванням проаналізованих літературних даних під час розробки нової технології нами було запропоновано модельну рецептуру досліджуваного виробу (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Модельна рецептура нового безбілкового хліба

Найменування сировини	Витрати сировини, кг
Крохмаль кукурудзяний	100,0
Борошно житнє обдирне	5,0
Дріжджі сухі	0,8
Цукор білий кристалічний	4,0
Сіль кухонна	2,5
Олія соняшникова	5,0
<i>Структуроутворювач</i>	0,5

В запропонованій модельній рецептурі (табл. 2.1) кількість кожного рецептурного компонента було обрано на підставі літературних відомостей

щодо раціонального співвідношення по масі основних та додаткових компонентів в рецептурах традиційних та спеціальних безбілкових хлібобулочних виробів, а також з урахуванням вимог безбілкової дієти. Видно, що основним рецептурним компонентом є крохмаль кукурудзяний і вміст інших рецептурних складових встановлюється по відношенню до нього.

Так, кількість борошна житнього в рецептурі складає 5% до маси крохмалю і вона не може бути збільшена згідно вимог обмеження вмісту білка в безбілковій дієті, а також не може бути зменшена, оскільки при цьому повністю втрачається смак і аромат виробу, характерний для хліба. Сухі дріжджі запропоновано використовувати в рецептурі з раціональних міркувань щодо можливості виготовлення нового хліба в домашніх умовах на основі сухої суміші компонентів. Вміст дріжджів сухих перерахований згідно правил взаємозамінності сировини на підставі даних щодо місту дріжджів пресованих в традиційній практиці хлібопечення. До складу рецептури запропоновано внести рецептурний цукор в кількості не менше 4% до маси крохмалю для забезпечення протікання процесу бродіння. Для надання новому виробу приємного смаку рекомендовано до складу рецептури внести сіль в кількості не більше ніж 2,5% до маси крохмалю. В якості пластифікатора тістової маси вирішено ввести в рецептуру нового хліба олію соняшникову в кількості 5% до маси крохмалю.

Для встановлення найбільш ефективного структуроутворювача в безбілковому тісті нами були проведені пробні лабораторні випікання хліба на основі запропонованої системи рецептурних компонентів з різними добавками.

За матеріалами літературних джерел відомий позитивний досвід використання в рецептурах безбілкових продуктів в якості структуроутворюючих добавок різноманітних загущувачів та гелеутворювачів, таких як: альгінат натрію, натрій-КМЦ, модифікований крохмаль “Hi Flo”, пектин цитрусовий, камедь ксантану, камедь гуару. Ці добавки були використані в якості дослідних зразків в процесі замішування безбілкового тіста. Контролем був зразок хліба без добавок. Вологість тіста становила 50%. Тісто готували безопарним прискореним способом. Готові вироби оцінювали за органолептичними показниками (табл. 2.2), а також за пористістю і питомим об’ємом (рис. 2.1).

Під час замішування тіста було встановлено, що всі досліджені добавки виявляли структуруючі властивості, тісто на основі крохмалю не кришилося, ставало більш однорідним, еластичним у порівнянні з контролем. Проте, здатність добавок до структуроутворення була різною, що можна пояснити особливостями їх хімічної будови. Тісто з різними добавками відрізнялося за еластичністю і піддатливістю до механічної обробки.

Порівняльний аналіз готових безбілкових виробів за органолептичними показниками (табл. 2.2) показав, що на поверхні майже всіх випечених зразків хліба були наявні значні підриви та великі тріщини, окрім хліба з ксантаном. Виріб з додаванням ксантану мав світло-коричневу, золотисту скоринку; м’якушка хліба була пропеченою і еластичною.

Таблиця 2.2 – Органолептичні показники хліба з різними структуроутворювачами

Показники якості	Вид структуроутворювача						
	Без добавки (контроль)	Альгінат натрію	Na-КМЦ	Модифікований крохмаль	Пектин цитрусовий	Ксантанова камедь	Гуарова камедь
							
Зовнішній вигляд: форма	Відповідає формі, в якій проводилось випікання, без бокових впливів						
поверхня	Наявні великі тріщини шириною більше 1 см, що проходять через всю верхню скоринку	Наявні невеликі тріщини шириною 0,3...0,5 см, що проходять через всю верхню скоринку	Наявні невеликі тріщини шириною 0,3...0,5 см, що проходять через всю верхню скоринку	Наявні невеликі тріщини та підриви шириною 0,2...0,4 см	Наявні невеликі тріщини шириною 0,3...0,5 см, що проходять через верхню скоринку і бокові сторони	Немає тріщин та підривів, гладка	Наявні великі тріщини та підриви шириною більше 2 см
колір скоринки	Світло-коричневий						
Стан м'якушки: пропеченість	Не пропечена, не еластична, волога на дотик	Липка, нееластична	Липка, нееластична	Нееластична, липка	Нееластична, липка	Пропечена, еластична, не волога на дотик	Пропечена, еластична, трохи волога на дотик
пористість	Без пустот, присутні дрібні рівномірні пори	Без пустот, наявне стиснення м'якушки, присутні дрібні рівномірні пори	Без пустот, присутні дрібні, майже непомітні пори	Без пустот, наявне стиснення м'якушки, наявні дрібні, рівномірні пори	Без пустот, присутні дрібні, рівномірні пори	Без пустот, наявні великі рівномірні пори	Без пустот, присутні дрібні, рівномірні пори
колір	Світло-кремовий						
Смак	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку						
Запах	Властивий даному виду виробів, приємний, без стороннього запаху						
Примітка: 1. Великими вважаються тріщини, що проходять через верхню скоринку в одному чи декількох напрямках і мають ширину більше 1 см. 2. Великими вважаються підриви, що охоплюють всю довжину однієї з бокових сторін формового хліба і мають ширину більше 1 см.							

Вироби з додаванням альгінату натрію, Na-КМЦ, модифікованого крохмалю, пектину, гуарової камеді мали липку та нееластичну м'якушку.

З рис. 2.1 видно, що значення пористості безбілкового хліба з додаванням ксантанової камеді було найбільшим порівняно із пористістю зразків хліба з іншими добавками і складало 65,0%. Це може бути пов'язано з тим, що ксантан найкращим чином проявляє структуруючі властивості і дає можливість тісту утримувати пухирці газу, що виділяється під час бродіння.

Крім того, питомий об'єм безбілкового хліба з додаванням кантану також був найбільшим (2,45 см³/г), що свідчить про здатність добавки утримувати форму виробів під час остаточного вистоювання та випікання.

Отже, результати пробних лабораторних випікань свідчать про те, що із усіх досліджених гідроколоїдів в якості структуроутворювача доцільно вибрати ксантанову камедь. Адже, функціонально-технологічні властивості цього гідроколоїду можуть сприяти формуванню потрібної структури безбілкового

тіста на основі кукурудзяного крохмалю, борошна житнього в кількості 5% до маси крохмалю та формуванню високих показників якості безбілкового хліба.

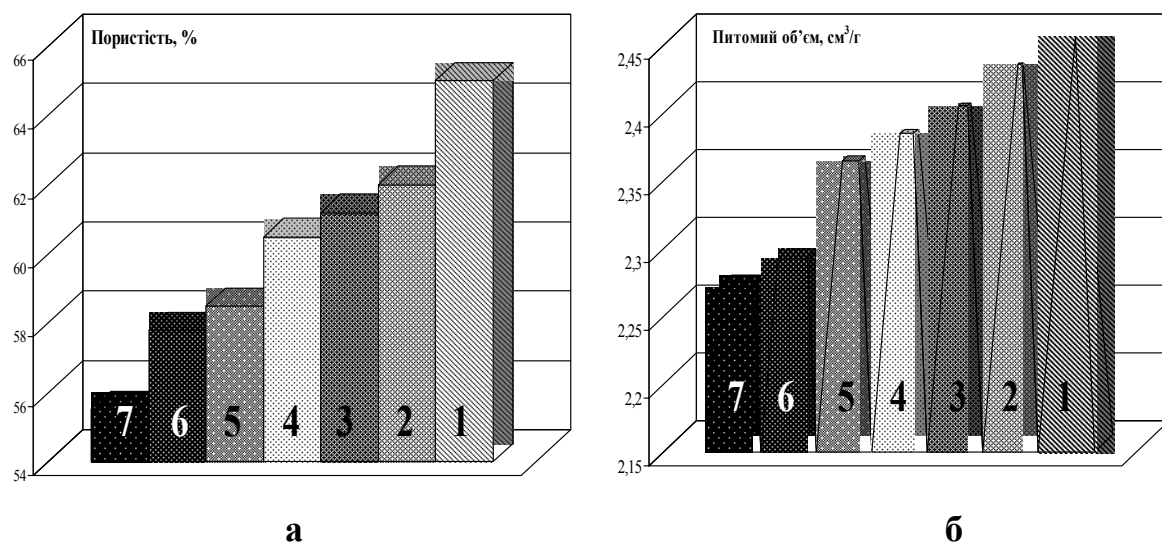


Рисунок 2.1 – Пористість (а) та питомий об'єм (б) зразків безбілкового хліба з різними структуроутворювачами: 1 – ксантанова камедь; 2 – модифікований крохмаль; 3 – гуарова камедь; 4 – Na-КМЦ; 5 – пектин; 6 – альгінат натрію; 7 – без добавок (контроль)

Раніше було сказано (глава 1), що закордонні виробники для випікання безбілкових виробів випускають сухі композитні суміші під назвою «борошно безбілкове», що складаються з різних видів крохмалю, невеликої кількості білоквмісного борошна (5,0...10,0% до маси крохмалю) та загущувачів [35, 41]. Така суміш компонентів в безбілковій тістовій системі виступає в якості борошняної складової.

В запропонованій нами модельній рецептурі нового безбілкового хліба систему рецептурних компонентів, що складається з крохмалю кукурудзяного, борошна житнього і ксантану, по аналогії, також можна назвати «борошном безбілковим». Роль подібної системи полягає в формуванні структури тіста та імітуванні властивостей клейковини чи іншої білоквмісної сировини. Тому, в подальшому представляло інтерес дослідити властивості запропонованого «борошна безбілкового», як борошняної складової тіста.

2.2 Дослідження властивостей системи рецептурних компонентів «борошно безбілкове»

Запропонована нами система рецептурних компонентів в безбілковому тісті повинна імітувати властивості білоквмісного борошна перш за все за структурно-механічними показниками. Адже, за думкою дослідників Н.В. Барсукової та ін.: « В безбілковому тісті мова може йти саме про імітацію його

структурно-механічних властивостей з орієнтацією на властивості клейковини» [58].

Очевидно, що властивості запропонованого «борошна безбілкового» найбільше будуть залежати від кількості ксантану. Як було сказано в главі 1, при створенні безбілкового хліба в умовах малої кількості білоквмісного борошна формування структури забезпечується за рахунок додавання згущувачів та гелеутворювачів, які багато в чому виконують структуроутворювальну роль білків тіста. Модельна рецептура композитної суміші «борошно безбілкове» наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Композитна суміш «борошно безбілкове»

Найменування сировини	Співвідношення компонентів
Крохмаль кукурудзяний	100,0
Борошно житнє	5,0
Ксантан	0,1...0,5

Як відомо, поведінку борошна у технологічному процесі визначають його хлібопекарські властивості. Вони обумовлені сукупністю таких властивостей, як: водопоглинальна здатність, здатність утворювати тісто з певними структурно-механічними показниками, газоутримуюча та газоутворююча здатність [109].

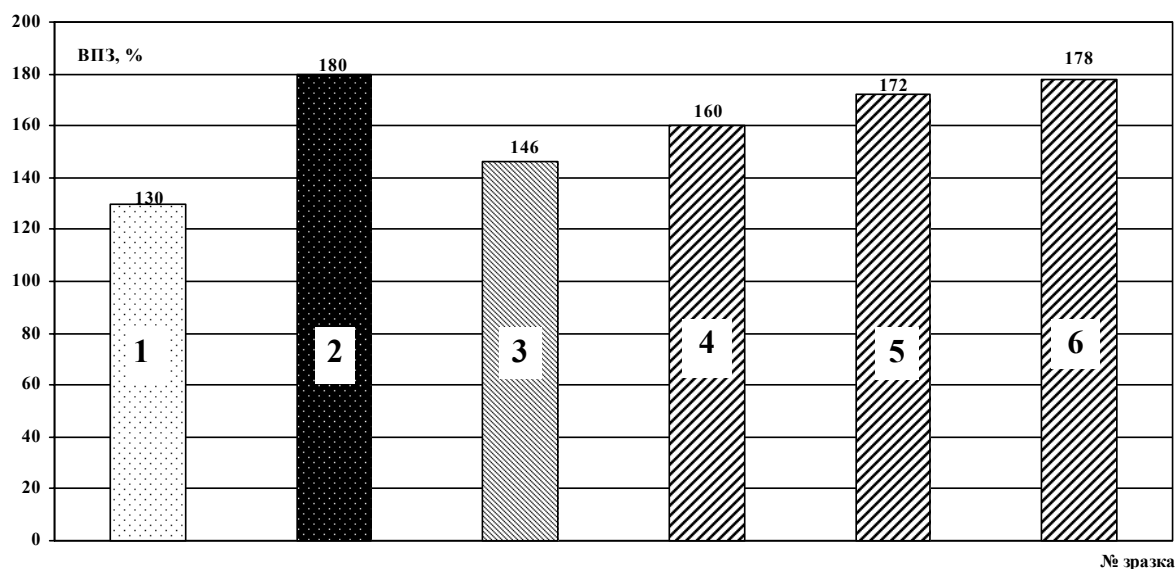
Зважаючи на це, на початку досліджень постала необхідність визначити водопоглинальну здатність (ВПЗ) запропонованої системи рецептурних компонентів «борошно безбілкове» у порівнянні з нативним крохмалем і борошном житнім. ВПЗ є важливою технологічною властивістю сировини, від якої залежить вологість тіста та його реологічні властивості.

Для дослідження експериментальні зразки готували шляхом змішування сухих компонентів з водою при гідромодулі 1:5. Результати отриманих даних наведені на рис. 2.2.

Як видно з рис. 2.2, найбільше значення водопоглинальної здатності має житнє борошно (180%). Порівняно з кукурудзяним крохмалем ВПЗ борошна житнього більша на 27,8%, що обумовлено вмістом в його складі білкових речовин, оболонкових частинок і пентозанів.

ВПЗ суміші крохмалю кукурудзяного та борошна житнього (в кількості 5,0% до маси крохмалю) на 10,9% більша порівняно із ВПЗ крохмалю, але на 18,8% менша порівняно із ВПЗ борошна житнього.

З рис. 2.2 видно, що додавання ксантану підвищує ВПЗ системи. При додаванні в крохмально-борошняну суміш ксантану в кількості 0,1...0,5% до маси крохмалю ВПЗ систем зростає на 18,8%...26,9% відповідно порівняно із ВПЗ крохмалю та майже досягає значення ВПЗ житнього борошна.



□ 1 Крохмаль кукурудзяний

■ 2 Борошно житнє обдирне

▨ 3 Суміш крохмалю кукурудзяного і борошна житнього в кількості 5% до маси крохмалю

▩ 4 Суміш крохмалю кукурудзяного і борошна житнього в кількості 5% та ксантану в кількості 0,1% до маси крохмалю

▩ 5 Суміш крохмалю кукурудзяного і борошна житнього в кількості 5% та ксантану в кількості 0,3% до маси крохмалю

▩ 6 Суміш крохмалю кукурудзяного і борошна житнього в кількості 5% та ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю

Рисунок 2.2 – Водопоглинальна здатність крохмалю кукурудзяного, борошна житнього та «борошна безбілкового» з різним вмістом ксантану

Таким чином можна стверджувати, що в результаті додавання борошна та ксантану збільшується ВПЗ системи на основі крохмалю кукурудзяного і саме додавання ксантану значно підвищує цей показник та наближає його до значень ВПЗ борошна житнього. Іншими словами можна сказати, що система рецептурних компонентів яка виступає в безбілковому тісті «безбілковим борошном», має ВПЗ наближену до ВПЗ традиційного житнього борошна.

Оскільки ксантан впливає на ВПЗ системи на основі крохмалю кукурудзяного, цікавим було дослідити вплив добавки на показники клейстеризації цього компоненту. Адже протікання процесу клейстеризації визначає поведінку системи на основі крохмалю на стадії випікання безбілкового хліба та зумовлює його органолептичні і фізико-хімічні показники.

Дослідження поведінки крохмалю суспензій «борошна безбілкового» при зміні кількості ксантану в системі під час нагрівання проводили за допомогою амілографу Брабендера. Отримані дані порівнювали з контрольним зразком системи без добавки. Результати розшифровок амілограм наведені в табл. 2.4.

За показниками амілограм (табл. 2.4) встановлено, що додавання ксантану впливає на протікання процесу клейстеризації крохмалю і призводить до збільшення часу до початку клейстеризації і часу до досягнення максимальної в'язкості.

Таблиця 2.4 – Результати розшифровок амілограм «борошна безбілкового» з різним вмістом ксантану

Найменування показника	Кількість ксантану в системі «борошно безбілкове», % до маси крохмалю			
	0 (контроль)	0,1	0,3	0,5
Час до початку клейстеризації крохмалю, хв	19±1,0	20±1,0	21±1,0	22±1,0
Час від початку клейстеризації до досягнення максимальної в'язкості, хв	11±0,5	12±0,5	13±0,5	15±0,5
Максимальна в'язкість, о.а.	450±10	580±12	620±12	700±12
Температура клейстеру при максимальній в'язкості, °С	85,0±1,0	85,8±1,0	86,0±1,0	88,5±1,0

При цьому показник максимальної в'язкості дослідних зразків збільшується на 22,4...35,7% відносно контрольного зразка за мірою підвищення дозування добавки. Слід зазначити, що підвищення в'язкості має місце не тільки за рахунок клейстеризації, але і внаслідок загущуючих властивостей ксантану.

Із табл. 2.4 також видно, що із збільшенням кількості ксантану підвищується температура, за якої досягається максимальна в'язкість системи з 85,0° С до 88,5° С.

Здатність борошна утворювати тісто з певними структурно-механічними показниками традиційно визначають за допомогою фаринографа Брабендера. Важливо було дослідити вплив структуроутворювача на формування структурно-механічних показників тіста, які визначають за допомогою цього приладу.

За допомогою фаринографа визначали такі показники модельних систем безбілкового тіста, як тривалість утворення, стійкість до замісу, опірність, стабільність, ступінь розрідження та еластичність. Тісто замішували із «борошна безбілкового» з вмістом ксантану 0,1...0,5% до маси крохмалю. Для замісу в коритце місилки вносили 50 г цієї композитної суміші. Під час замішування зразків тіста визначали кількість води, необхідної для досягнення рівня консистенції тіста 500 ум.од. фаринографа.

Результати досліджень показали, що отримані фаринограми мають не типовий вигляд порівняно із фаринограмами для пшеничного борошна. За зовнішнім виглядом вони більш схожі до фаринограм житнього борошна, особливо в частині кривої, що характеризує консистенцію тіста. Порівняно із пшеничним тістом житнє тісто значно швидше утворюється, має нижчу пружність, меншу стабільність, швидше розріджується [109, 116, 117].

На фаринограмах досліджених модельних безбілкових тістових систем в перші хвилини замішування з'являється різкий пік. Його виникнення можна

пояснити застосуванням нетрадиційної системи з великою кількістю крохмалю, а також додаванням житнього борошна та гідроколоїду.

Можна припустити, що внаслідок гарних вологозв'язуючих та вологоутримуючих властивостей ксантан в перші хвилини замішування тіста миттєво взаємодіє з водою, утворюючи стійку колоїдну систему, в яку при подальшому перемішуванні «вбудовуються» крохмальні зерна.

За допомогою отиманих фаринограм були визначені властивості тіста з «борошна безбілкового», які наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Структурно-механічні властивості тіста з «борошна безбілкового», визначені за допомогою фаринограм

Властивості тіста	Кількість ксантану, % до маси крохмалю			
	0 (контроль)	0,1	0,3	0,5
Тривалість утворення тіста, а, хв.	0,80	0,75	0,70	0,50
Стійкість системи до замісу, b, хв.	Не спостерігається		0,75	1,00
Опірність тіста, a+b, хв.	0,80	0,75	0,70	0,50
Стабільність тіста, с, хв.	0,25	0,60	0,70	0,90
Ступінь розрідження, d, од.ф.	370	365	285	220
Еластичність, е, мм	3,0	4,0	6,0	10,0

З табл. 2.5 видно, що додавання ксантану призводить до зменшення тривалості утворення тіста. Так, порівняно із контрольним зразком тіста без ксантану, внесення добавки в кількості 0,1% до маси крохмалю зменшує тривалість утворення тіста на 6,7%, в кількості 0,3% до маси крохмалю – на 14,3% та в кількості 0,5% до маси крохмалю – на 60%. Тобто додавання ксантану прискорює процес утворення тіста за рахунок гарної гідратаційної здатності біополімеру.

Стійкість зразків безбілкового тіста до замісу не спостерігається для зразків тіста з кількістю ксантану менше 0,3% до маси крохмалю, оскільки таке тісто не утримує консистенцію та після досягнення піку починає спадати. Натомість додавання ксантану в кількості 0,3% обумовлює виникнення стійкості системи до замісу протягом 0,75 хв., а в кількості 0,5% – протягом 1 хв.

Ступінь розрідження тіста, що відповідає величині падіння кривої через 12 хв. після початку розрідження, при внесенні ксантану знижується. Так, порівняно із контрольним зразком тіста без ксантану, внесення добавки в кількості 0,1% до маси крохмалю суттєво не знижує ступінь розрідження тіста, але внесення ксантану вже в кількості 0,3% до маси крохмалю призводить до зниження ступеня розрідження тіста на 30% і в кількості 0,5% до маси крохмалю – на 68%. Очевидно, за рахунок розгалуженої структури молекули ксантану його додавання викликає структурування безбілкової тістової системи і розрідження зменшується.

При подальшому замішуванні безбілкової тістової системи внаслідок процесів набухання і незначної дії гідролітичних ферментів спостерігається утворення нової консистенції з певною еластичністю і пружністю. Необхідно зазначити, що внесення ксантану призводить до підвищення еластичності тіста. Показник еластичності збільшується з 3 мм (контрольний зразок) до 10 мм (зразок з додаванням ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю). Підвищення показника еластичності при збільшенні кількості добавки, очевидно, пов'язане з утворенням еластичної клейковиноподібної структури в тісті та появи в ньому розтяжності.

Показник збереження тістом встановленого рівня консистенції характеризує стабільність тіста. За даними табл. 2.5 стабільність тіста при внесенні ксантану збільшується. Порівняно із контрольним зразком тіста без ксантану, внесення добавки в кількості 0,5% до маси крохмалю призводить до збільшення стабільності тіста майже в 4 рази. Тобто в процесі замішування безбілкової тістової системи на основі крохмалю, яка відрізняється від традиційної відсутністю клейковини, стабільність тіста можна збільшити за рахунок внесення структуроутворювача.

Зрозуміло, що процес тістоутворення відбувається за рахунок зв'язування води сухими складовими безбілкової тістової системи. На кількість зв'язаної води значний вплив має ксантан, оскільки він володіє високою водозв'язуючою та водоутримуючою здатністю. Це було підтверджено дослідженнями стану води в тісті за рахунок визначення часу спін-спінової релаксації методом спінової луни ядерного магнітного резонансу [176]. Цей метод дозволяє одночасно одержувати інформацію про кількість резонуючих ядер, що характеризує кількість води в системі, а також про характер молекулярної рухливості води, що характеризує її стан в системі.

В результаті проведених досліджень нами були отримані значення періоду спін-спінової релаксації (T_2). Враховуючи те, що для рідин значення T_2 завелике, а для твердих тіл – замале, можна говорити про тенденцію зв'язаної або вивільненої води у дослідних зразках. Отримані дані наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Зміна періоду спін-спінової релаксації в тіста з «борошна безбілкового» з різною кількістю ксантану

Кількість ксантану, % до маси крохмалю	0 (контроль)	0,1	0,3	0,5
Період спін-спінової релаксації (T_2), $\text{с} \cdot 10^{-2}$	2,80	2,70	2,57	2,4

З табл. 2.6 видно, що додавання ксантану знижує період спін-спінової релаксації T_2 та, відповідно, збільшує кількість зв'язаної води в безбілковій тістовій системі і зменшує її рухливість. Так, при додаванні ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю величина T_2 знижується на 14,0% порівняно із зразком без добавки.

Отже, на підставі проведених досліджень можна стверджувати, що композитна суміш з крохмалю, 5% борошна житнього і ксантану в значній мірі проявляє властивості білковмісного борошна за водопоглинальною здатністю, здатністю утворювати тісто з певними структурно-механічними властивостями.

Відомо, що тісто для хлібобулочних виробів, крім борошна і води, містить дріжджі, сіль, цукор, жири і являє собою гетерогенну дисперсну структуровану систему, яка відноситься до змішаних типів. Важливо було встановити поведінку ксантану у формуванні гетерогенної дисперсної системи, що містить додаткові рецептурні компоненти. При цьому також вирішується задача формування бажаних реологічних властивостей, які забезпечують текстуру, адекватну до традиційного тіста і хліба [58].

2.3 Дослідження впливу ксантану на формування властивостей безбілкової тістової системи

2.3.1 Пружно-еластичні властивості

Дослідження пружно-еластичних властивостей безбілкової тістової системи проводили за допомогою плоскопаралельного еластопластометра Толстого модернізованого. Метод вимірювання заснований на визначенні деформації зсуву, віднесеної до товщини зразка [177].

Оскільки ксантан бере участь в утворенні і підтримці просторової структури тіста, то зміна його кількості у новій тістовій системі з додатковими рецептурними компонентами буде впливати на формування пружно-еластичних властивостей тіста.

Враховуючи це, оцінювали структурно-механічні властивості тіста, в яке, крім «борошна безбілкового», входили такі рецептурні компоненти, як сіль, цукор і олія у співвідношеннях згідно табл. 2.1. Для цих досліджень безбілкове тісто готували без дріжджів зі зміною кількості ксантану у межах 0,1...0,5% до маси крохмалю.

Під час досліджень було вивчено вплив структуруючої добавки на зміну відносної деформації зсуву γ в часі τ під дією прикладеного постійного напруження. Деформацію зсуву визначали за зміщенням голки, закріпленої на верхній пластині гнучким зв'язком із датчиком лінійних переміщень. Перше значення деформації одержали миттєво, тільки-но навантаження почало діяти на поверхню пластини. Після цього з періодичністю 1 хв. знімали значення відносної деформації зсуву протягом 30 хв. (потім змін деформації не відбувалося). При цьому підбирали фіксоване значення навантаження для всіх систем безбілкового тіста (маса навантаження складала 50 г). Дотичне напруження зсуву T складало для всіх зразків 327,0 Па. Крім цього, витримували однакову температуру зразків (18° С) та висоту зразків (8 мм). Потім, керуючись даними отриманої залежності деформації зсуву від часу, розраховували наступні характеристики безбілкової тістової системи: піддатливість системи, модуль

миттєвої пружності, модуль еластичності, в'язкість пружної післядії. Розраховані значення показників наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Структурно-механічні показники безбілкового тіста за різної кількості структуроутворюючої добавки

Показник	Кількість ксантану, % до маси крохмалю			
	0 (контроль)	0,1	0,3	0,5
Піддатливість системи, $\times 10^{-4}$ Па ⁻¹	2,80	2,34	1,95	1,52
Модуль миттєвої пружності, $\times 10^3$ Па	0,64	0,66	0,68	0,71
Модуль еластичності, $\times 10^3$ Па	0,91	1,15	1,53	2,92
В'язкість пружної післядії, $\times 10^3$ Па·с	13,20	16,52	22,86	41,53

З табл. 2.7 видно, що при додаванні ксантану за умови незмінно діючого дотичного напруження зсуву піддатливість безбілкової тістової системи знижується. Так, для зразка тіста з кількістю ксантану 0,1% до маси крохмалю вона складає $2,34 \cdot 10^{-4}$ Па⁻¹, а для зразка з кількістю 0,5% до маси крохмалю – $1,52 \cdot 10^{-4}$ Па⁻¹. Піддатливість системи безпосередньо пов'язана з відносною деформацією. При додаванні структуроутворювача відносна максимальна деформація безбілкової тістової системи у часі знижується, та, відповідно, знижується піддатливість системи до дії зовнішніх сил (підвищується опірність системи прикладеному зовнішньому напруженню).

Залежність $\gamma(\tau)$ може бути отримана для досить високої швидкості малих деформацій в крохмальних системах, що володіють високою пружністю [171]. Пружність системи обумовлює здатність тіла після деформації повністю відновлювати свою первинну форму і характеризується модулем пружності $G_{пр}$ [178]. Показник миттєвої пружності визначали одразу після прикладання навантаження. З табл. 2.7 видно, що модуль миттєвої пружності при додаванні ксантану збільшується. Так, додавання ксантану в кількості 0,1% до маси крохмалю призводить до підвищення модуля миттєвої пружності на 3% у порівнянні із зразком без добавки. Збільшення кількості ксантану до 0,5% до маси крохмалю призводить до підвищення модуля миттєвої пружності на 11% порівняно із контролем. Це свідчить про формування пружних властивостей в безбілковому тісті при додаванні ксантану. Як відомо, явище пружності тіста у сформованих заготовках сприяє збереженню їх правильної форми в процесі обробки під час виготовлення подових хлібобулочних виробів [116].

Окрім миттєвої пружності тісто володіє також високою еластичністю у часі. Ці властивості представлені високоеластичною деформацією ($\gamma_{в.ел.}$). Явище еластичності характеризує модуль еластичності $G_{ел.}$, який за даними табл. 3.6 при внесенні ксантану збільшується. Так, цей показник для безбілкового тіста із додаванням ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю в 3,2 рази більший порівняно із зразком без добавки. При чому, значення модуля еластичності на

порядок вищі, ніж значення модуля пружності, що свідчить про переважання в тісті еластичних властивостей над пружними. Ці дані підтверджують раніше отримані за допомогою фаринограм відомості щодо підвищення еластичності безбілкового тіста за рахунок додавання в систему ксантану. Властивості високої еластичності тіста грають досить важливу роль в процесах його бродіння, розділення та випікання. Вони сприяють утворенню та збереженню його пористої структури.

Під терміном «пружна післядія» розуміють явище зміни пружної деформації у часі, коли вона чи поступово зростає до якоїсь границі після прикладення навантаження, чи поступово зменшується після його зняття. В'язкість пружної післядії η розраховують як котангенс кута нахилу лінійної ділянки графіку $\gamma = f(\tau)$. З табл. 2.7 видно, що при збільшенні кількості ксантану в'язкість пружної післядії безбілкового тіста збільшується. Адже цей показник зворотно пропорційний зміні деформації зсуву $(\gamma_m - \gamma_0)$ у часі. Підвищення кількості ксантану обумовлює зниження максимальної деформації зсуву γ_m , та, відповідно, знижується різниця між максимальною деформацією γ_m та миттєвою γ_0 . Отже, в'язкість пружної післядії збільшується. Так, порівняно із контрольним зразком тіста без ксантану, додавання структуроутворювача в кількості 0,5% до маси крохмалю призводить до підвищення в'язкості пружної післядії втричі.

Слід зазначити, що величина пружної деформації в тістових системах зникаюче мала, тому пружно-еластичні властивості цих систем залежать в основному від властивостей еластичності. Еластичність тіста залежить від швидкості деформації та безпосередньо пов'язана із його в'язкістю.

2.3.2 Пластично-в'язкі властивості

В'язко-пластичні властивості тіста можуть бути визначені за показником ННЗ за допомогою пенетрометра, за показником в'язкості на віскозиметрі, а також за показником розпливання кульки тіста [179, с.140].

Дослідження граничної напруги зсуву в досліджуваних безбілкових тістових системах були проведені з постійною швидкістю занурення індентора пенетрометра; зусилля реєструвалося залежно від глибини занурення. Використовувався індентор у вигляді конуса (кут з вершиною конуса α складав 30 град.). Результати досліджень наведені на рис. 2.3.

З рис. 2.3 видно, що при збільшенні кількості структуроутворювача нормальне напруження зсуву дослідних зразків безбілкового тіста збільшується. Додавання ксантану в кількості 0,1% до маси крохмалю призводить до підвищення величини нормального напруження зсуву на 15% порівняно із контрольним зразком тіста. А введення ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю призводить до збільшення нормального напруження зсуву безбілкової тістової системи уже на 44% у порівнянні із зразком тіста без добавки.

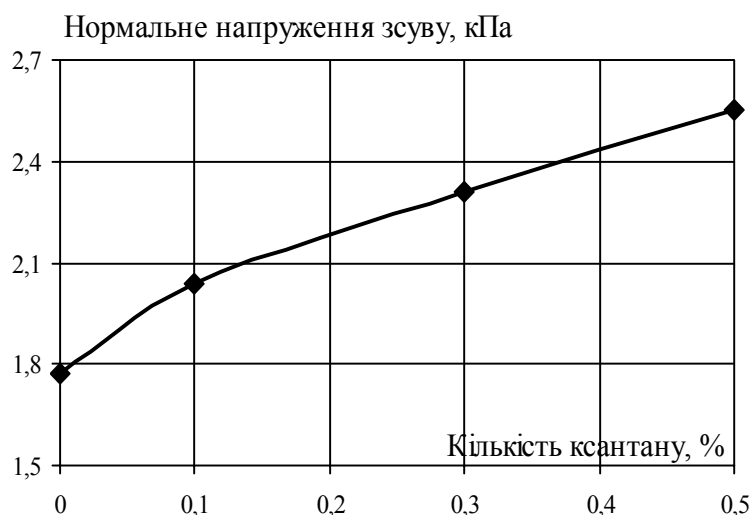


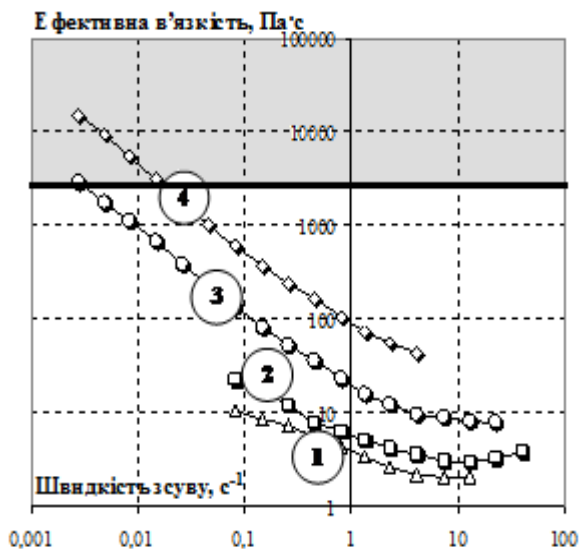
Рисунок 2.3 – Залежність нормального напруження зсуву безбілкового тіста від кількості ксантану, % до маси крохмалю

Оскільки тісто володіє і властивостями пластичності, його структурно-механічні показники доцільно вимірювати деформаціями зсуву. Як відомо, швидкість деформації зсуву зворотно пропорційна коефіцієнту внутрішнього тертя тіста, або його в'язкості. Явище ефективної в'язкості безбілкового тіста пояснюється тим, що в умовах змінних швидкостей деформації дисперсної високомолекулярної системи, такої як тісто, частина зв'язків тістової системи, що руйнуються під час цього процесу, не встигає відновитися. Після деякої витримки деформованої системи зруйновані зв'язки відновлюються та вона набуває в'язкості, наближеної до в'язкості первинної незруйнованої системи.

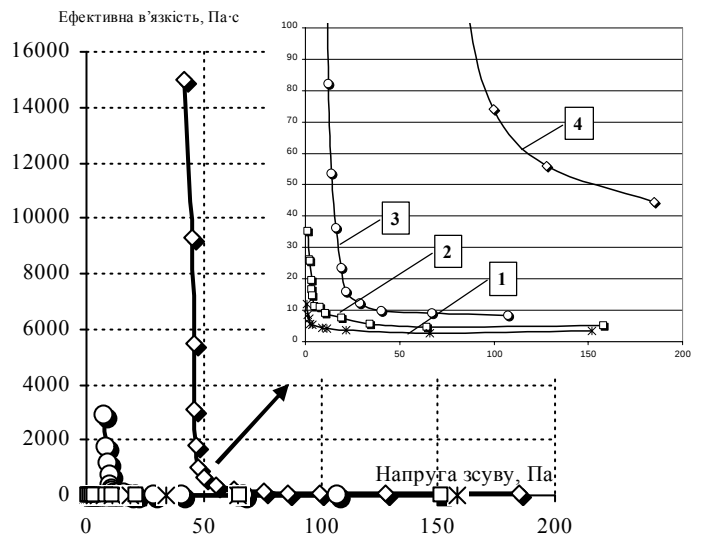
Нами було досліджено характер зміни величини ефективної в'язкості безбілкового тіста при різній швидкості зсуву залежно від кількості ксантану (рис. 2.4).

Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву або напруження вважають основною характеристикою структурно-механічних властивостей дисперсних систем, оскільки ефективна в'язкість є узагальнюючою характеристикою, що описує рівноважний стан між процесами відновлення та руйнування структури у встановленому потоці [177].

Вимірювання проводили на ротаційному віскозиметрі з розширеним діапазоном швидкостей обертання ротора у межах $0,001 \dots 100 \text{ с}^{-1}$ [178]. Розроблена вимірювальна установка на відміну від традиційних дозволяє вивчати залежність ефективної неньютонівської в'язкості харчових продуктів у широкому діапазоні швидкостей зсуву (до 4...6 порядків). При дослідженні системи як неньютонівської рідини в широкому діапазоні швидкостей зсуву можна отримати повні криві течії. Оскільки вимірювання здійснювали в широкому діапазоні швидкостей зсуву дослідних зразків тіста у декілька порядків величини ефективної в'язкості, то результати отриманих експериментальних значень представляли на графіку у подвійних логарифмічних координатах (рис. 2.4а).



а



б

Рисунок 2.4 – Залежність ефективної в'язкості безбілкового тіста від швидкості зсуву (а) та напруги зсуву (б) за кількості ксантану, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5

Виходячи з даних, наведених на рис. 2.4а, можна сказати, що під час дослідження контрольного зразка безбілкового тіста без ксантану спостерігаються реопексні властивості тіста: на малих швидкостях зсуву (від 1 до 10 s^{-1}), зразок проявляє в'язко-пластичні властивості, а при збільшенні швидкості обертання ротора відбувається зростання в'язкості. Таке тісто дуже складно використовувати на виробництві, тому що неможливо передбачити його поведінку під час обробки, а це може призвести до перевантаження та виходу з ладу обладнання.

Аналогічним чином веде себе дослідний зразок із кількістю ксантану 0,1% до маси крохмалю. Властивості цього тіста досить близькі до контролю, але реопексні властивості починають проявлятися на більших швидкостях зсуву, ніж у контрольного зразка (більших за 10 s^{-1}).

Залежності ефективної в'язкості цих зрізків безбілкового тіста від швидкості зсуву (рис. 2.4а) на осях у логарифмічних масштабах мають вигляд прямих, що наближаються до сталих значень за великих швидкостей зсуву. Це підтверджує доцільність використання для розрахунку показників ефективної в'язкості за вимірними даними закону Оствальда та моделі Вільямсона. Виходячи з наведених на рис. 2.4а даних можна сказати, що безбілкове тісто з додаванням ксантану в кількостях 0,3% та 0,5% до маси крохмалю поводить себе як неньютонівська рідина. Для цих зразків тіста реопексія не спостерігалася. Під час дослідження таких зразків безбілкового тіста на малих швидкостях зсуву ($\gamma < 1 \text{ s}^{-1}$) зразки проявляли в'язко-пластичні властивості, що відповідають Оствальдовській залежності, тобто тісто мало початкову в'язкість η_0 , яка поступово змінювалася при збільшенні швидкості зсуву. З підвищенням швидкості зсуву відбувається поступове руйнування структури і досягається постійна кінцева в'язкість η_{∞} ньютонівської рідини. Відомо, що ефективна

в'язкість неньютонівських рідин складається з двох величин: перша – ньютонівська в'язкість η_{∞} , яка заснована на внутрішньому терті рідини та представляє константу матеріалу, та друга – структурний опір ($\eta_{\text{еф.}} - \eta_{\infty}$), який залежить від структурного стану дисперсних систем і є функцією швидкості зсуву $\dot{\gamma}$ [178].

З рис. 2.4а видно, що за швидкості зсуву $0,0028 \text{ с}^{-1}$ найбільше значення ефективної в'язкості спостерігається у зразка безбілкового тіста з додаванням ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю ($1,5 \cdot 10^4 \text{ Па}\cdot\text{с}$). За тієї ж швидкості зсуву зразок тіста з додаванням ксантану в кількості 0,3% до маси крохмалю має меншу в'язкість та досягає значення $0,3 \cdot 10^4 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Слід зазначити, що структура пшеничного хлібного тіста з сортового борошна при малому градієнті швидкості зсуву ($0,003 \text{ с}^{-1}$) має в'язкість порядку $10^4 \text{ Па}\cdot\text{с}$, а структура житнього тіста – в'язкість порядку $10^5 \text{ Па}\cdot\text{с}$ [171]. Виходячи з вищенаведених даних можна сказати, що в'язкість безбілкового тіста за малої швидкості зсуву наближається до в'язкості пшеничного тіста і можна передбачити, що за цим показником безбілкове тісто під час оброблення його на обладнанні хлібозаводів буде виявляти такі ж властивості, як і тісто з пшеничного борошна.

Крім того, з рис. 2.4а видно, що практично паралельне зміщення кривих залежностей ефективної в'язкості від швидкості зсуву для зразків безбілкового тіста з кількістю ксантану 0,5% та 0,3% свідчить про наявність майже постійного коефіцієнту між цими залежностями, який складає приблизно $4,7 \pm 0,2$. Це вказує на однакові механізми структуроутворення у цих зразках тіста.

Визначення ефективної в'язкості зразка безбілкового тіста з ксантаном в кількості 0,1% до маси крохмалю стає можливим за швидкості зсуву $0,0826 \text{ с}^{-1}$ і показник приймає значення $23,0 \text{ Па}\cdot\text{с}$, що порівняно із контрольним зразком тіста більше в 2,1 рази ($10,8 \text{ Па}\cdot\text{с}$). Проте, збільшення кількості ксантану до 0,3% до маси крохмалю призводить до значного підвищення ефективної в'язкості безбілкового тіста за цієї ж швидкості зсуву та її значення досягає $138 \text{ Па}\cdot\text{с}$, а для зразка тіста з кількістю ксантану 0,5% до маси крохмалю – $613 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Отже, в умовах однакової швидкості зсуву додавання ксантану суттєво зміцнює безбілкову систему і ефективна в'язкість тіста суттєво збільшується.

Безбілкове тісто з ксантаном проявляє властивості неньютонівських рідин, отже воно може відноситися до висококонцентрованих дисперсних систем з коагуляційною структурою. В таких структурах [178] взаємодія між елементами (крохмальні зерна, часточки борошна та ін.) відбувається через тонкий шар дисперсійного середовища (набряклого ксантану) та обумовлена силами Ван-дер-Ваальса. Згідно попередніх уявлень (глава 1), ксантан виступає в тісті гідроколоїдом, який обволікає зерна крохмалю та утворює стійку структуру, схожу на клейковинну структуру тіста. Оскільки ксантан володіє сильною вологозв'язуючою та вологоутримуючою здатністю, його додавання в безбілкову тістову систему впливає на зменшення кількості вільної води в безбілковому тісті, що також може бути причиною зростання в'язкості тіста.

Крім того, дослідження залежності ефективної в'язкості від напруги зсуву згідно рис. 2.4б дає змогу сказати, що при незначному навантаженні близько 10 Па в контрольному зразку тіста без ксантану спостерігається різке падіння в'язкості. Подальше збільшення напруги зсуву призводить до незначного зменшення в'язкості. При внесенні ксантану в кількості 0,1% до маси крохмалю руйнування структури відбувається при навантаженні близько 15 Па, а при внесенні ксантану в кількості 0,5% руйнування структури відбувається при навантаженні більше 150 Па (тобто руйнівне навантаження збільшується в 10 разів).

Таким чином можна стверджувати, що додавання ксантану в безбілкову тістову систему суттєво впливає на зміну показника ефективної в'язкості системи. За рахунок додавання ксантану зникають реопексні властивості тістової системи і вона набуває властивостей неньютонівської рідини, які характерні для традиційних тістових систем.

Непрямим доказом змін в'язкості і формування структури, що відбуваються в тісті під впливом досліджуваних кількостей ксантану, може бути зміна розпливання кульки тіста під час відлежування, оскільки воно зумовлено зміщенням шарів тіста внаслідок зменшення внутрішнього тертя системи.

Розпливання кульки безбілкового тіста досліджували протягом 180 хв. відлежування під скляним ковпаком за температури 30° С. Результати досліджень наведені на рис. 2.5.

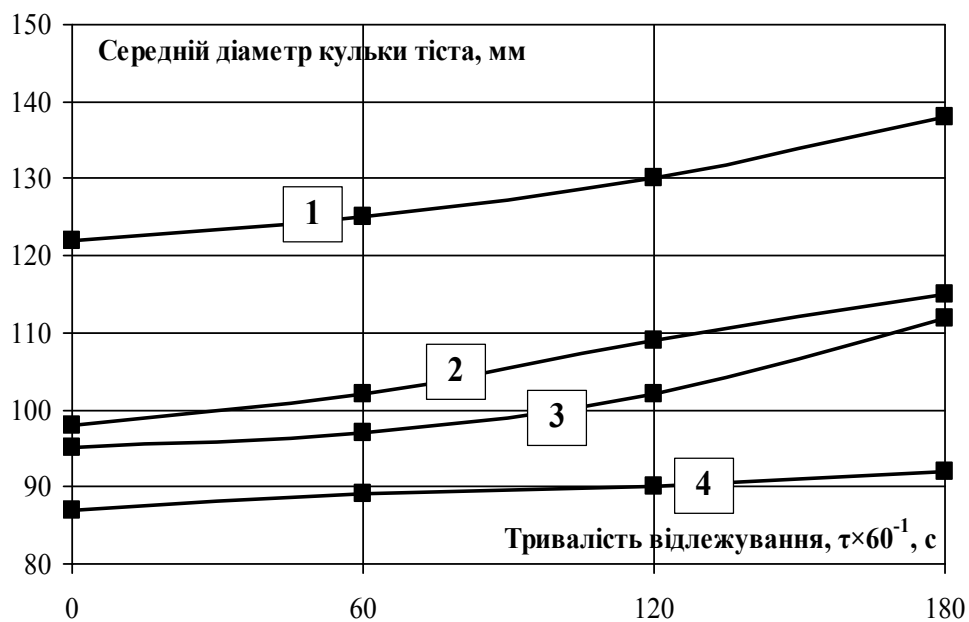


Рисунок 2.5 – Залежність показника розпливання кульки безбілкового тіста від кількості ксантану, % до маси крохмалю:
1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5

Як видно з рис. 2.5, при збільшенні кількості ксантану розпливання кульок безбілкового тіста зменшується. Додавання ксантану в кількості 0,1% до маси крохмалю призводить через 180 хв. відлежування до зменшення діаметру кульки тіста на 13% у порівнянні із зразком тіста без добавки. А додавання

ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю призводить до зменшення діаметру кульки тіста вже на 32% у порівнянні із контрольним зразком (через 180 хв. відлежування).

Відомо, що, чим менше розпливання кульки тіста з пшеничного борошна, тим «сильніша» клейковина. Оскільки додавання ксантану в безбілкове тісто сприяє меншому розпливанню кульки тіста, то можна сказати, що цей гідроколоїд компенсує відсутність клейковини, а також недостаток інших білків в запропонованій безбілковій дисперсній системі.

Таким чином, в результаті досліджень показано, що безбілкове тісто за рахунок додавання ксантану виявляє пружно-еластичні і пластично-в'язкі властивості. Багато в чому ці властивості зумовлюють адгезію тіста, яка відіграє важливу роль при його розділенні. Тому вважали за потрібне вивчити адгезійні властивості безбілкового тіста.

2.3.3 Адгезійні властивості

При приготуванні тіста сили адгезії беруть активну участь в процесах замішування, розділення, транспортування та формування тіста. Особливо важливо забезпечити оптимальні умови виконання перерахованих операцій в процесі оброблення тіста за рахунок забезпечення необхідних адгезійних властивостей тістової системи.

Загальна теорія адгезії враховує стан та властивості адгезиву (тіста), (особливо такі, як пружність, еластичність, в'язкість) і поверхневі властивості субстрату (особливо його змочування з адгезивом), а також взаємодію між адгезивом і субстратом і умови утворення адгезійного зв'язку. Адгезійний зв'язок між адгезивом і субстратом утворюється в результаті контакту макромолекул тіста з поверхнею субстрату та виникненню при цьому адсорбційних (ван-дер-ваальсових) сил на поверхні розділу матеріалів [171, 180].

Ці умови свідчать про те, що адгезійні властивості тіста знаходяться в залежності від когезійних об'ємних (пружно-еластично-в'язкісних) властивостей тіста. В безбілковій тістовій системі когезійні властивості обумовлені в основному наявністю структуроутворювача – ксантану.

Вплив ксантану на адгезійні властивості безбілкового тіста було досліджено прямим методом [181, 182] за силою відриву контактної поверхні від зразків тіста з додаванням добавки в різних кількостях. Отримані дані представлені на рис. 2.6.

З рис. 2.6 видно, що при збільшенні кількості ксантану міцність адгезії безбілкового тіста знижується. За кількості ксантану 0,5% до маси крохмалю міцність адгезії була у 5 разів меншою у порівнянні з контролем. Це свідчить про збільшення сил зчеплення між структурними компонентами тіста (збільшення сил когезії) і зниження сил взаємодії тіста з поверхнею обладнання, що має позитивний ефект при виробництві безбілкового хліба.

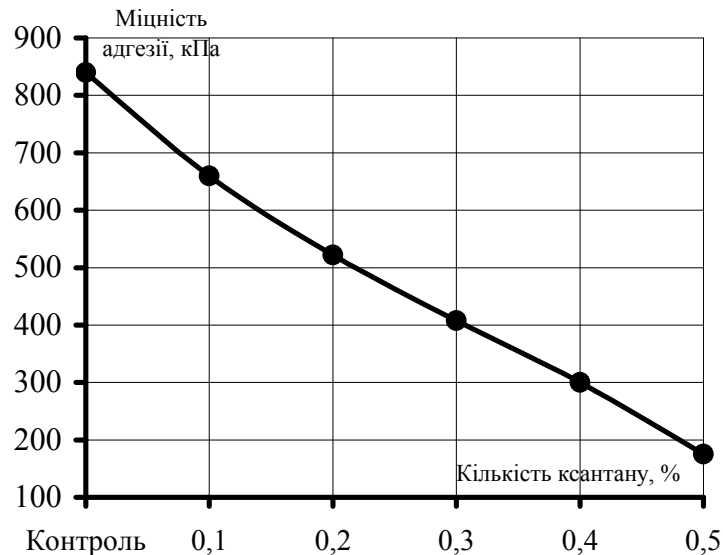


Рисунок 2.6 – Залежність міцності адгезії безбілкового тіста від кількості ксантану, % до маси крохмалю

При цьому вирішується проблема неприлипання тіста, зменшується налипання тіста на робочі органи обладнання, засмітнення обладнання та ін.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють стверджувати, що ксантанова камедь приймає участь у формуванні структурно-механічних властивостей безбілкового тіста, і тим самим, компенсує відсутність або недостаток клейковинних та інших білків борошна. При цьому встановлено, що в'язкість безбілкового тіста з кількістю ксантану 0,3% до маси крохмалю становить порядку 10^4 Па·с і досягає значень, характерних для пшеничного тіста.

Для одержання додаткової інформації про фізичні і хімічні зміни, які відбуваються в безбілковому тісті під дією ксантану, був використаний метод ІЧ-спектроскопії. Динамічна ІЧ-спектроскопія дає додаткову інформацію до тієї, що була одержана з використанням класичних аналітичних методів, таких як, реологічні і фізико-хімічні дослідження. ІЧ-спектроскопія дає уявлення про фізико-хімічні механізми в молекулярній будові і структурній сітці тіста [183...185].

2.3.4 Вивчення впливу ксантану на фізичні і хімічні зміни в безбілковому тісті методом ІЧ-спектроскопії

Відомо, що фізичні і хімічні зміни в тісті під час замішування (тістоутворення) обумовлені перетворенням гетерогенної системи рецептурних компонентів у впорядковану однорідну тістову систему. В п. 2.3.1...2.3.3 показано, що ксантан впливає на формування структури тіста під час його утворення і цікаво було дослідити зміни, що можна виявити за допомогою ІЧ-спектроскопії.

Використання ІЧ-спектроскопії для дослідження хлібних тістових систем знайшло відображення в роботах вчених [186...190]. Так, Мазуром А.П. [188] за даними ІЧ-спектроскопії було підтверджено, що основними у формуванні структури тіста є водневі зв'язки. Вони виконують важливу роль у формуванні клейковини та тіста з певними структурно-механічними властивостями. Крім того, вченими [186,189] з використанням ІЧ-спектроскопії було досліджено конформаційні зміни в білках пшеничного борошна для характеристики вторинної структури білка. Проте, дослідження з використанням ІЧ-спектроскопії під час характеристики безбілкових тістових систем раніше не проводились.

Для цих досліджень безбілкове тісто готували за рецептурним співвідношенням, наведеним в табл. 2.1, без дріжджів зі зміною кількості ксантану в межах 0,1...0,5% до маси крохмалю. Результати досліджень фізичних і хімічних змін в безбілковому тісті представлені на рис. 2.7.

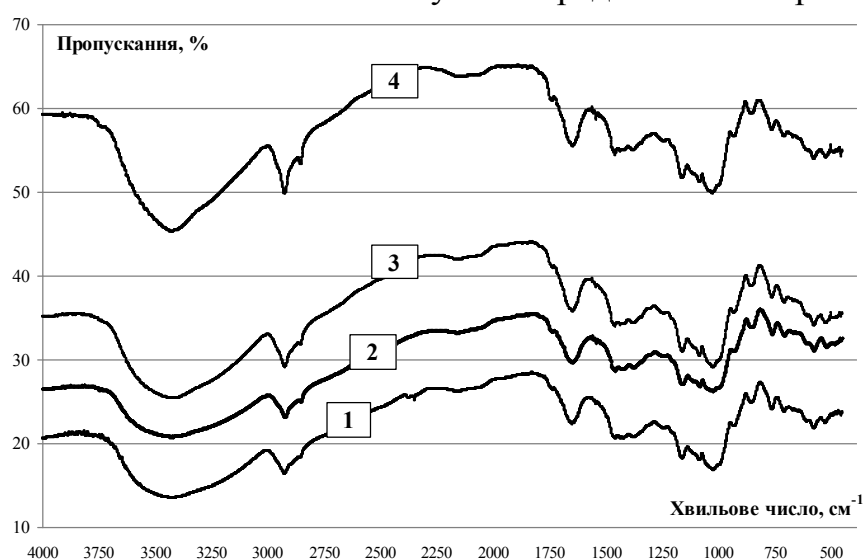


Рисунок 2.7 – ІЧ-спектри модельних безбілкових тістових систем з крохмалю кукурудзяного, 5% борошна житнього і ксантану в кількості, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5

З рис. 2.7 видно, що в досліджених тістових системах діапазони смуг поглинання на ІЧ-спектрах майже ідентичні, що може свідчити про утворення однакових груп хімічних зв'язків в процесі замішування дослідних зразків. Так, наприклад, у всіх досліджених тістових системах піки з'являються в діапазоні хвильових чисел 3550...3200 cm^{-1} і відповідають коливанням функціональних груп $-\text{OH}$, зв'язаних водневим зв'язком. На думку вчених [183], коливання груп в діапазоні цих хвиль відображають зміни у складі вуглеводів.

Крім того, в усіх досліджених системах спостерігається максимуми смуг поглинання при дожині хвилі 2925 cm^{-1} . Ці коливання в діапазоні хвильових чисел 2975...2860 cm^{-1} відповідають коливанням груп $-\text{CH}_3$, що за думкою вчених [183], може свідчити про взаємодію ліпідів безбілкової тістової системи з іншими компонентами.

Відомо, що смуги поглинання в діапазоні $1700\ldots1250\text{ см}^{-1}$ відображають зміни в білкових молекулах [189]. Структурні складові білкової молекули дають дев'ять смуг поглинання, які мають назву амід А, В, І, ІІ, ІІІ, ІV, V, VI, VII. Смуги поглинання $1700\ldots1600\text{ см}^{-1}$ (амід І), $1600\ldots1500\text{ см}^{-1}$ (амід ІІ) та $1500\ldots1250\text{ см}^{-1}$ (амід ІІІ) є основними смугами ІЧ-спектрів білків та використовуються для характеристики вторинної структури білка [186, 189]. Основний вклад в інтенсивність смуги поглинання амід І дає поглинання групи --C=O , яка міститься в α -амінокислотах (COOH) та амінокислотах (COO^-), що пов'язано з міцністю водневого зв'язку. Чим міцніший водневий зв'язок, тим нижча електронна густина групи --C=O груп і тим менша частота амід І.

З рис. 2.7 видно, що у всіх досліджених тістових системах має місце поглинання при хвильовому числі близькому до 1650 см^{-1} . Оскільки в безбілковому тісті частка білка суттєво знижена, поява піку максимуму поглинання при цьому хвильовому числі можна пояснити особливостями хімічної будови структуроутворювача ксантану, в радикалах молекули якого наявна характеристична група --C=O (рис. 1.3).

В діапазоні хвильових чисел, наближених до значення 1460 см^{-1} , також спостерігається ідентичність смуг поглинання на ІЧ-спектрах досліджених тістових систем. За думкою закордонних вчених [191], в діапазоні спектрів $1525\ldots1352\text{ см}^{-1}$ мають місце деформаційні коливання груп --OH та --CH , які пов'язані зі змінами у зв'язках водневих груп молекул полісахаридів з молекулами води. За рахунок цих взаємодій відбуваються основні структурні зміни під час утворення тістової системи, в тому числі, безбілкової.

На рис. 2.7 спостерігаються також систематичні зміни площі піку при 1160 см^{-1} , що за думкою авторів [192] може свідчити про наявність взаємодії молекул води з білками тіста.

Розрахунок співвідношення піків показав тенденцію збільшення інтенсивності смуг поглинання (рис. 2.7) при додаванні ксантану в діапазонах хвильових чисел $3550\ldots3200\text{ см}^{-1}$, $2975\ldots2860\text{ см}^{-1}$, $1750\ldots1700\text{ см}^{-1}$, $1525\ldots1352\text{ см}^{-1}$, характерних для коливань груп --OH , --CH_3 , --C=O та --CH відповідно. Такий ефект може свідчити про утворення додаткових міжмолекулярних зв'язків, а також структурних комплексів біополімерів (або асоціатів) безбілкового тіста.

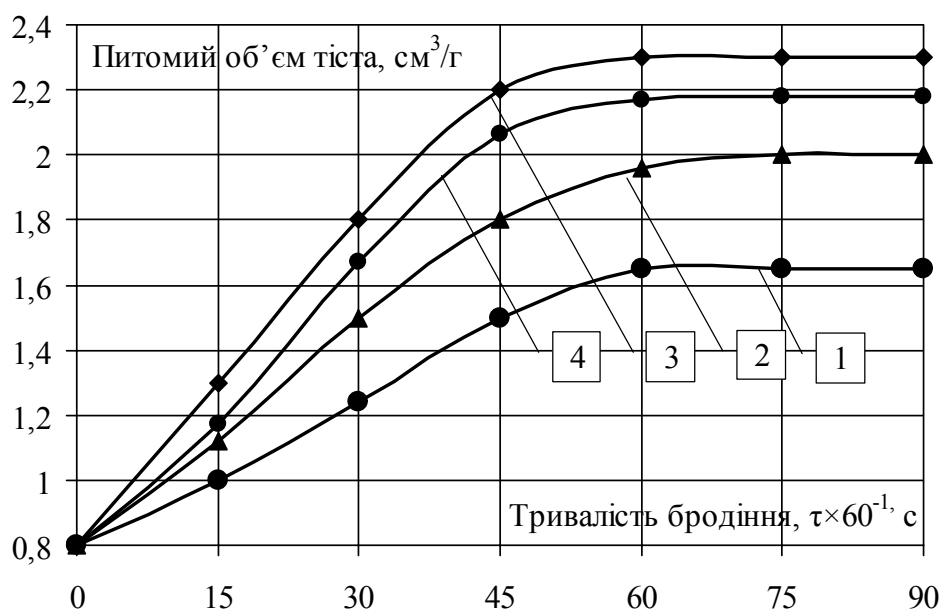
Таким чином, проведені дослідження та аналіз ІЧ-спектрів поглинання безбілкових тістових систем з різним вмістом ксантану показали, що в процесі замішування тіста (тістоутворення) в його макроскопічній структурі відбуваються зміни, які обумовлюють зміни в ІЧ-спектрах. Основні фізичні і хімічні зміни в досліджених тістових системах з різним вмістом ксантану відбуваються в однакових діапазонах хвильових чисел і свідчать про схожу тенденцію взаємодії компонентів тіста між собою, біополімерів тіста (білка, крохмалю) з водою та утворення за рахунок протікання цих взаємодій нових зв'язків створеної гомогенної тістової структури.

2.3.5 Вивчення впливу ксантану на здатність тіста до розтягування і утримання газу в процесі бродіння

У тісті з додаванням дріжджів показники структурно-механічних властивостей будуть зумовлювати здатність тіста до розтягування і утримання газу під час бродіння. Цю здатність визначають за показником питомого об'єму дріжджового тіста. Відомо, що зміна питомого об'єму тіста під час бродіння характеризує пружні властивості тіста [179, с.140], а також його газоутримуючу та газоутворювальну здатність. Висока газоутримуюча здатність тіста є провідним фактором у формуванні об'єму тістової заготовки, та, відповідно, питомого об'єму випеченого хліба.

Відомо, що саме білки клейковини пшеничного борошна, як і білки іншого борошна, зумовлюють здатність тіста збільшуватись в об'ємі під час бродіння. Оскільки ксантан приймає участь у формуванні клейковиноподібної структури безбілкової тістової системи, то доцільно перевірити його вплив на формування питомого об'єму тіста.

Безбілкове тісто замішували на основі рецептурних компонентів (табл. 2.1) з додаванням сухих дріжджів. Тісто масою 50 г поміщали в мірний циліндр об'ємом 250 см³, ущільнювали і витримували в термостаті за температури 30° С. Результати досліджень наведені на рис. 2.8.



**Рисунок 2.8 – Зміна питомого об'єму безбілкового тіста в процесі бродіння за різної кількості ксантану, % до маси крохмалю:
1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5**

Як видно з рис. 2.8, максимальної величини питомого об'єму безбілкове тісто зі всіма дослідженими кількостями ксантану досягає через 60 хв. бродіння; далі протягом 30 хв значення об'єму не збільшується. Можна зробити припущення, що тривалість бродіння безбілкового тіста може становити 60 хв.

Крім того, з рис. 2.8 видно, що додавання ксантану в кількості 0,1...0,3% призводить до підвищення питомого об'єму безбілкового тіста. Так, через 60 хв. бродіння зразок з кількістю ксантану 0,1% до маси крохмалю мав більший показник питомого об'єму на 20,0%, в кількості 0,3% до маси крохмалю – на 28,3% у порівнянні з контролем.

З рис. 2.8 також видно, що додавання ксантану в кількості 0,5% зумовлює менші показники питомого об'єму, ніж за кількості 0,3% до маси крохмалю. Це, скоріш за все, пов'язано з гальмуванням газоутворювальної здатності шляхом пригнічення бродильної активності дріжджів, а не за рахунок зменшення газотримуючої здатності. Адже, нашими попередніми дослідженнями було доведено позитивний вплив ксантану в кількості 0,5% до маси крохмалю на еластичні властивості безбілкового тіста, які обумовлюють здатність тіста до розтягування під впливом диоксиду вуглецю і збереження у часі капілярно-пористої структури безбілкового тіста.

Цікаво, що подібний ефект негативного впливу ксантану на дріжджову клітину в кількості 0,5% і більше одержували дослідники [193, 194] під час бродіння тіста на основі пшеничного борошна з додаванням ксантану. Вченими було зроблено припущення, що в таких кількостях плівка полісахаридного гелю обмежує контакт дріжджових клітин з навколишнім середовищем та знижує їх активність. Однак, ця обставина не заважала покращенню структури тіста і одержанню виробів більш правильної форми, з більш еластичною, дрібнопористою м'якушкою і більшими термінами зберігання.

З урахуванням вищесказаного, у запропонованому нами дріжджовому безбілковому тісті сприйнятливою можна вважати кількість ксантану 0,3% до маси крохмалю. Адже саме в такій кількості добавка покращує структурно-механічні властивості безбілкового тіста, його питомий об'єм і не гальмує бродіння.

Відомо, що структурно-механічні властивості безбілкового тіста багато в чому будуть залежати від вологості тіста. Співвідношення борошна і води у традиційному тісті суттєво впливає як на структурно-механічні властивості тіста, так і на характер бродіння в цілому, а в результаті, і на якість хліба [116, 117]. Збільшення масової частки води прискорює дію ферментів в тісті, покращує життєдіяльність дріжджових клітин і молочнокислих бактерій. Важливо було встановити необхідну вологість безбілкового тіста.

2.4 Обґрунтування оптимальної вологості безбілкового тіста

Оскільки за рецептурним складом безбілкове тісто значно відрізняється від тістових систем на основі білоквмісного борошна, то воно може потребувати зовсім іншої кількості води на заміс. За думкою авторів [195], у зв'язку зі складністю виготовлення хліба без клейковини з різним складом рецептур, для кожної нової рецептури необхідно експериментально встановлювати оптимальну вологість тіста. За даними авторів [175, 195, 196], масова частка води в хлібопекарському тісті без клейковини може становити

48...57%. Вологість тіста для хліба безбілкового безсольового складає 45,0% [111]. Грищенко А.М. [36] встановлено, що вологість тіста для безбілкового хліба з суміші крохмалів повинна складати 51,0%.

Для визначення потрібної вологості безбілкового тіста на основі запропонованої нами системи рецептурних компонентів були проведені пробні лабораторні випікання хліба з різною вологістю тіста в межах 48,0...52,0% за однакової кількості ксантану (0,3% до маси крохмалю). Тісто готували прискореним способом. З цією метою спочатку замішували тісто в тістомісильній машині марки CLATRONIC KM 2718 (частота обертання місильного органу складає порядку $(25...30) \times 60^{-1}$ с) протягом 10×60 с. Потім піддавали тісто бродінню за температури 30...32° С.

Далі надавали виробам певної форми та вистоювали у термостаті за температури 32...35° С і відносній вологості 80...85%. Вироби випікали в печі марки GIERRE фірми Briotek Line за температури 210...220° С.

Хліб оцінювали за органолептичними і фізико-хімічними показниками (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Показники якості безбілкового хліба за різної вологості тіста

Показники	Вологість тіста, %				
	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0
Масова частка вологи в хлібі, %	47,0±0,4	48,0±0,5	49,0±0,3	50,0±0,4	51,0±0,2
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,05±0,10	2,24±0,10	2,31±0,12	2,12±0,11	2,10±0,11
Пористість хліба	58,24±2,32	62,50±1,20	65,6±1,48	61,2±1,06	59,4±1,97
Кислотність хліба, град.	0,7±0,04	0,8±0,04	1,1±0,05	1,2±0,06	1,3±0,07
Упікання, %	7,60±0,38	10,30±0,52	14,50±0,73	11,90±0,60	9,60±0,48
Зовнішній вигляд: Форма	Відповідає формі, в якій проводилось випікання, без бокових впливів				
Поверхня	Відповідає виду виробу, без забруднення, наявні невеликі тріщини на поверхні				
Колір скоринки	Світло-коричневий				
Стан м'якушки: пропеченість	Не пропечена, не еластична	Пропечена, еластична	Пропечена, еластична	Волога на дотик, погано пропечена	
Пористість	Погано розпушена, наявні дрібні пори та стиснення м'якушки	Без пустот, добре розпушена, наявні дрібні та великі нерівномірні пори	Без пустот, добре розпушена, наявні дрібні та великі рівномірні пори	Наявні великі тонкостінні пори	
Смак	Притаманний даному виду виробів, без стороннього присмаку				
Запах	Властивий даному виду виробів, приємний, без стороннього запаху				

Як видно з табл. 2.8, підвищення масової частки води тіста впливає на зміну показників питомого об'єму та пористості готового безбілкового хліба. Так, при вологості тіста 48% показник питомого об'єму виробів є найнижчим та

складає $2,05 \text{ см}^3/\text{г}$. Збільшення вологості тіста до 49% призводить до підвищення величини питомого об'єму хліба на 8,5%.

Подальше збільшення вологості до 50% викликає збільшення величини питомого об'єму хліба відносно хліба з первинно заданою вологістю на 11,3%. Підвищення вмісту води до 51% та 52% в тісті знижує показник питомого об'єму хліба, що свідчить про гальмування процесів газоутворення і газотримання в тісті.

Подібна тенденція спостерігається для показника пористості: підвищення вмісту води в тісті викликає збільшення величини пористості лише за умови замішування тіста вологістю не більше 50%. За цієї величини вологості тіста пористість безбілкового хліба є найбільшою та складає 65,6%.

Підвищення значень питомого об'єму та пористості безбілкового хліба при збільшенні масової частки води в хлібі до 50% очевидно обумовлено покращенням життєдіяльності дріжджових клітин та молочнокислих бактерій, поліпшенням умов для дії ферментів в тісті. З табл. 2.8 видно, що адекватно збільшенню вологості тіста підвищується кислотність хліба. Крім того, за 50% води тісто краще розпушується за рахунок формування розвиненої капілярно-пористої структури, що забезпечує отримання добре розпушеної м'якушки з рівномірною пористістю. В той же час, підвищення частки води до 51...52% викликає появу крупних тонкостінних пор, що може бути в подальшому причиною збільшення кришкватості хліба.

Таким чином, за даними пробних лабораторних випікань було встановлено, що для забезпечення кращих показників безбілкового хліба масова частка води в тісті повинна бути 50% за кількості ксантану 0,3%.

Оскільки ксантан володіє високою водозв'язуючою і водоутримуючою здатністю і чинить суттєвий вплив на структурно-механічні властивості тіста, то можна припустити, що за рахунок варіювання вологості тіста в межах 48%...52% і зміни кількості ксантану в межах 0,1%...0,5% можна одержати кращі показники якості хліба.

З метою визначення оптимальних значень цих показників, дослідження проводили за допомогою методів експериментально-статистичного моделювання, для чого реалізовували повний факторний експеримент (ПФЕ) 2^2 , в якому в якості факторів варіювання задавали кількість ксантану та вологість безбілкового тіста. В якості критерію оптимізації було обрано пористість готового безбілкового хліба.

Математична обробка отриманих результатів впливу технологічних факторів (кількості ксантану та вологості тіста) на пористість безбілкового хліба за допомогою програми Mathcad дозволила графічно відобразити ізоповерхню відгуку пористості безбілкового хліба на зміну оптимізувальних чинників (рис. 2.9) та визначити оптимальну кількість добавки та вологість тіста.

Як видно з рис. 2.9, отримані результати оптимізації показують, що підвищення показника пористості безбілкового хліба спостерігається за вологості тіста 50,1...50,3% та за кількості ксантану 0,28...0,32%.

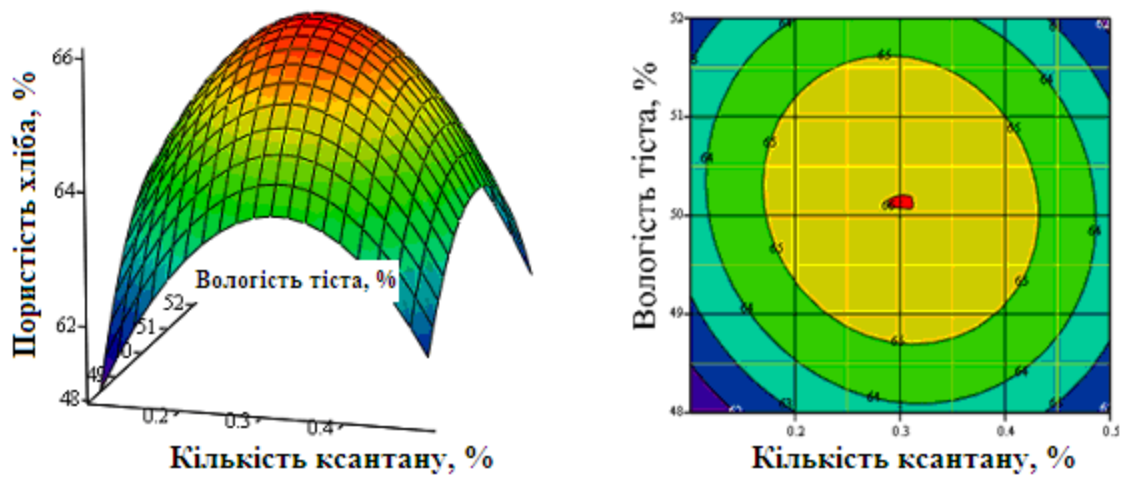


Рисунок 2.9 – Ізоповерхня відгуку пористості безбілкового хліба на зміну оптимізувальних чинників

А максимального значення показник пористості досягає за вологості тіста 50,2% та кількості ксантану 0,3% до маси крохмалю. Тобто збільшення вологості і варіювання кількості ксантану не дасть покращення показника пористості хліба.

ГЛАВА 3

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАДІЙ БРОДІННЯ, ВИСТОЮВАННЯ І ВИПІКАННЯ БЕЗБІЛКОВОГО ТІСТА

На підставі аналізу функціонально-технологічних властивостей сировини, а також з урахуванням вимог безбілкової дієти було обґрунтовано рецептурні компоненти та їх співвідношення в новому безбілковому хлібі. Встановлено, що в якості «борошняної» складової в рецептурі нового виробу виступає композитна суміш з крохмалю кукурудзяного, борошна житнього в кількості 5% до маси крохмалю і ксантанової камеді, яка забезпечує формування структури, смаку і аромату хліба.

Відомо, що формування структури тіста (тобто утворення його капілярно-пористої текстури), а також утворення смако-ароматичних компонентів в хлібі під час випікання в значній мірі зумовлені протіканням процесу дозрівання тіста за умови наявності в системі розпушувача. Тому, в ході розробки нової технології безбілкового хліба важливим було розглянути особливості перебігу основних процесів в безбілковому тісті на стадіях бродіння, вистоювання і випікання безбілкового дріжджового тіста на основі «борошна безбілкового».

Дослідження проводили за наступними напрямками:

- дослідження перебігу біохімічних та мікробіологічних процесів у дріжджовому безбілковому тісті;
- вибір способу приготування безбілкового тіста;
- обґрунтування параметрів випікання безбілкового хліба.

3.1 Дослідження перебігу біохімічних та мікробіологічних процесів у дріжджовому безбілковому тісті

Одним із основних показників перебігу біохімічних та мікробіологічних процесів у дріжджовому тісті є газоутворення. Це показник, який характеризує інтенсивність спиртового бродіння в тісті, відображає активність дріжджових клітин та ступінь забезпеченості їх живленням: зброджуваними моно- і дисахаридами, азотистими речовинами, вітамінами, мінеральними речовинами. Відомо, що на газоутворювальну здатність борошна впливає кількість власних цукрів у ньому, а також його цукроутворювальна здатність під дією ферментів. Крім того, цукроутворювальна здатність білоквмісного борошна обумовлена податливістю крохмалю амілолізу власними ферментами.

Під час бродіння безбілкового дріжджового тіста особливо важливо встановити, чи в достатній мірі процес забезпечується цукрами.

Запропоноване нами «безбілкове борошно» буде містити власні цукри тільки ті, що вносяться із житнім борошном. За нормативними показниками якості крохмаль кукурудзяний і ксантан не містять власних цукрів.

На 100 г крохмалю при додаванні 5% житнього борошна частка власних цукрів, що вносяться з житнім борошном, складатиме 0,225 г (або 0,23%). Це набагато менше, ніж їх міститься у борошні пшеничному (1,6%) або борошні

житньому (4,5%). Відомо, що житнє борошно володіє високою цукроутворювальною здатністю (340 мг мальтози/10 г борошна) і потрібна кількість цукру у безбілковому тісті може утворюватися під дією ферментів цього борошна як з власного крохмалю, так і з крохмалю кукурудзяного.

Для з'ясування кількості утворюваних цукрів у тісті з «борошна безбілкового» під дією ферментів житнього борошна визначали вміст загального цукру в перерахунку на глюкозу у тісті одразу після замішування і через 60×60 с його витримки. Результати наведені в табл. 3.1.

*Таблиця 3.1 – Динаміка цукрів у безбілковому тісті
(у перерахунку на глюкозу), % до СР*

Показники	Бездріжджове безбілкове тісто без цукру		
Вміст загального цукру в перерахунку на глюкозу:			
– після замішування	0,15		
– після 60×60 с витримування	0,17		
– після 90×60 с витримування	0,18		
– утворилося цукрів	0,03		
	Дріжджове безбілкове тісто з додаванням цукру в кількості, % до маси крохмалю		
	2,0	4,0	6,0
Вміст загального цукру в перерахунку на глюкозу:			
– після замішування	2,23	4,36	5,36
– після 60×60 с ферментації	1,18	3,26	4,25
– зброджено цукрів	1,05	1,10	1,11
– після 30×60 с вистоювання	0,48	3,11	3,39
– додатково зброджено цукрів	0,70	0,75	0,86

Із табл. 3.1 видно, в результаті амілолізу протягом 90×60 с утворюється лише 0,03% цукру в перерахунку на СР, що може бути пов'язано з малою кількістю борошна житнього у системі.

Існують дані, що для забезпечення формування аромату, смаку хліба і нормально забарвленої скоринки під час випікання [109, 116], необхідно щоб у тісті перед випіканням містилось не менше 3% незброджених цукрів. Встановлена нами кількість цукрів у безбілковому тісті (0,03%) буде недостатньою для стадії бродіння і вистоювання. Тому, очевидна необхідність додавання цукру (сахарози).

Нами були проведені дослідження динаміки цукрів в безбілковому дріжджовому тісті з додаванням цукру в кількостях від 2,0 до 6,0% до маси крохмалю. Результати досліджень наведені в табл. 3.1.

Видно, що через 60×60 с ферментації для всіх досліджених зразків тіста близько 1% цукру зброджується дріжджами. Після додаткових 30×60 с вистоювання в тісті з додаванням цукру в кількості 2,0% до маси крохмалю залишається 0,48% цукру в перерахунку на СР, що не досягає необхідної

кількості (3%). А необхідна кількість незброджених цукрів залишається в тісті з додаванням рецептурного цукру в кількості 4,0% до маси крохмалю. З табл. видно, що за такої концентрації сахарози в тісті залишається 3,11% незброджених цукрів в перерахунку на СР. Тому можна вважати, що додавання рецептурного цукру в кількості 4% до маси крохмалю дозволить забезпечити протікання процесів бродіння і нормальне забарвлення скоринки випеченого хліба та формування його смаку і аромату.

Ці дані погоджуються з результатами досліджень Грищенко А.М. [36]. Автором показано, що при виготовленні низькобілкового хліба на основі суміші крохмалів з додаванням різних видів безглютенового борошна (кукурудзяного, рисового і гречаного в кількості 15...30% до маси крохмалю) не утворюється потрібна кількість цукрів для забезпечення бродіння і колірування під час випічки. За думкою автора потрібно вносити цукор в кількості не менше 4% до маси крохмалю.

Інтенсивність спиртового бродіння безбілкової тістової системи визначали за кількістю вуглекислого газу, який виділявся під час бродіння тіста за температури 30° С протягом 90×60 с. Вимірювання проводили на приладі Яго-Островського через кожні 15×60 с.

За отриманими даними було побудовано графіки залежності загального об'єму накопиченого вуглекислого газу у безбілковому тісті від тривалості бродіння (рис. 3.1 а) та динаміки газоутворення в безбілковому тісті (рис. 3.1 б).

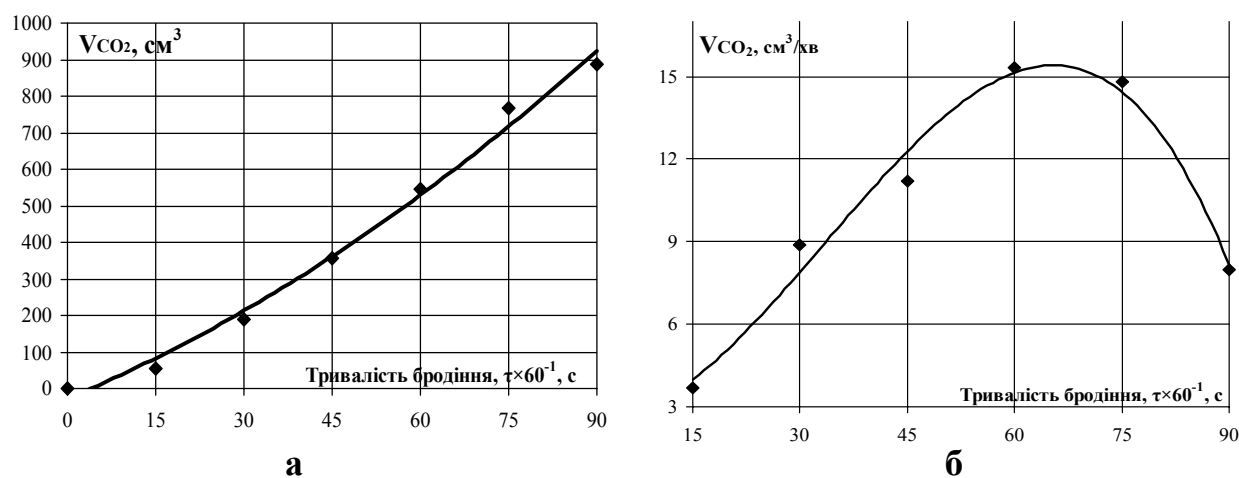


Рисунок 3.1 – Газоутворювальна здатність (а) та динаміка газоутворення (б) в безбілковому тісті

Аналіз результатів досліджень (рис. 3.1а) показав, що сумарне газоутворення за 90×60 с бродіння в безбілковій тістовій системі становило 887 cm^3 .

Аналіз динаміки утворення диоксиду вуглецю (рис. 3.1б) у безбілковому тісті показує, що екстремум виділення диоксиду вуглецю, коли тісто вважається дозрілим, спостерігається через 60×60 с. За такий період часу тісто мало опуклу форму, виражений спиртовий запах, добру розпушеність, ставало

сухим на дотик. Досягнення максимальної швидкості газоутворення і стійке її зниження після екстремуму визначає готовність тіста. Ці дані погоджуються з попередньо отриманими даними під час визначення нами величини питомого об'єму тіста в процесі бродіння (рис. 2.8), який не змінювався після 60×60 с бродіння.

Слід зазначити, що другого піку на графіку динаміки газоутворення не спостерігається, що може свідчити про достатню забезпеченість цукрами процесу бродіння. В даному випадку немає гальмування бродіння через перерву на перебудову ферментної системи дріжджових клітин на зброджування мальтози.

Таким чином, за результатами проведених досліджень встановлено, що максимальна швидкість газоутворення і досягнення стійкого зниження після екстремуму, тобто готовність тіста, спостерігається через 60×60 с бродіння безбілкового дріжджового тіста на основі запропонованої системи рецептурних компонентів.

Поряд з методом оцінки готовності тіста за кривою динаміки газоутворення, його готовність визначають також і за титрованою кислотністю. Відомо, що для традиційного хліба з пшеничного борошна кислотність повинна бути не більше 3,0 град., для хліба з суміші пшеничного і житнього борошна – не більше 10 град. Рекомендацій та нормативів щодо значення кислотності в безбілкових виробках не існує.

Оскільки оптимальна тривалість бродіння безбілкового дріжджового тіста складає 60×60 с, було досліджено зміну активної та титрованої кислотності протягом цього періоду. Результати отриманих даних наведені на рис. 3.2.

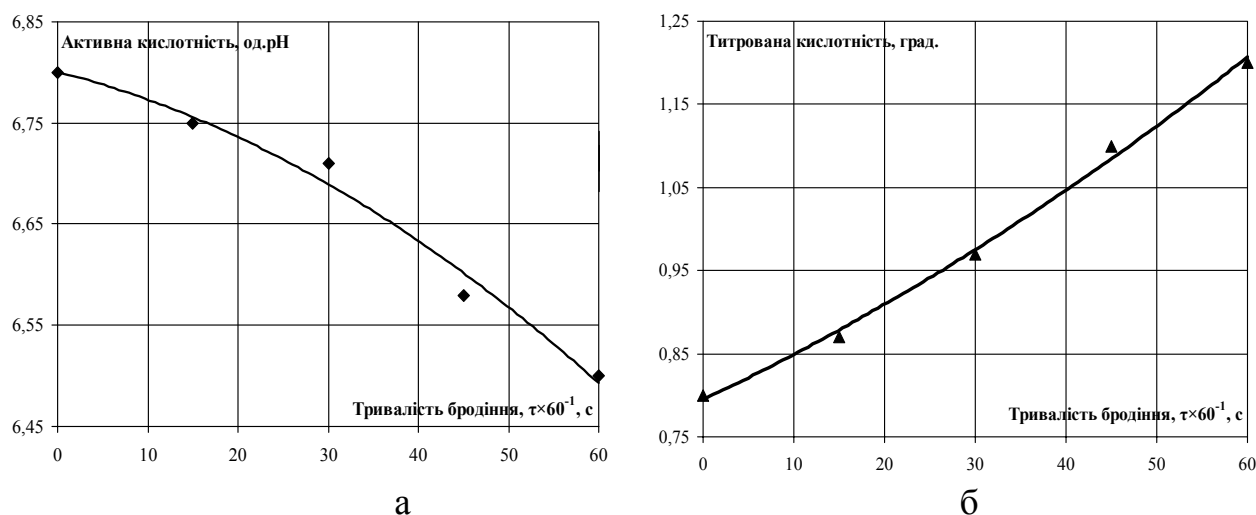


Рисунок 3.2 – Зміна активної (а) та титрованої (б) кислотності безбілкового тіста

Як видно з рис. 3.2, активна кислотність безбілкового тіста знижується адекватно підвищенню титрованої кислотності. Адже в результаті життєдіяльності бактерій і дріжджів в процесі бродіння тіста підвищується кислотність тіста і знижується його рН.

Після 60×60 с бродіння активна кислотність безбілкового дріжджового тіста досягає значення 6,5 од. рН. Зниження рН середовища зумовлює бродильна активність дріжджів, та, відповідно збільшення вмісту накопичених кислот.

Показник титрованої кислотності безбілкового тіста в процесі бродіння збільшується (рис. 3.2б). Встановлено, що через 60×60 с бродіння приріст кислотності в безбілковому тісті становив 0,4 град. та досягав значення 1,2 град. Подібні цифрові дані були отримані вченими [36] під час дослідження зміни загальної кислотності безбілкового тіста на основі суміші крохмалів після бродіння протягом 60×60 с.

Таким чином, для безбілкових тістових систем значення кислотності є меншими, ніж для тіста з білоквмісного борошна. І як показник готовності можна вважати кислотність запропонованого безбілкового тіста на рівні 1,2 град.

Проведений комплекс досліджень з визначення перебігу основних процесів в безбілковому дріжджовому тісті дає підстави для вибору способу приготування безбілкового тіста.

3.2 Вибір способу приготування безбілкового тіста

Серед існуючих способів виготовлення хлібобулочних виробів найбільш прийнятливим для технологій хліба без клейковини є однофазний спосіб приготування, який передбачає приготування тіста традиційним безопарним прискореним способами. Застосування прискорених способів приготування тіста сприяє скороченню тривалості технологічного процесу і зменшенню затрат сухих речовин на бродіння [109].

При прискорених способах термін дозрівання тіста скорочується до (30...90)×60 с. Протягом цього часу відбуваються процеси, що забезпечують якість тіста, оптимальну для його оброблення, вистоювання і випікання.

Попередніми дослідженнями (рис. 3.1) було встановлено, що оптимальною для безбілкового тіста є тривалість бродіння 60×60 с за температури 30...32° С, що є оптимальною для життєдіяльності дріжджів. За цей час відбувається розпушення тіста, збільшення його об'єму за рахунок протікання спиртового бродіння та кислотонакопичення. Титрована кислотність запропонованого безбілкового тіста досягає значення 1,2 град.

Слід зазначити, що в'язкість безбілкового тіста становить порядку 10^4 Па·с, що є підставою вважати можливим формування такого тіста на тістоподільних машинах. Безбілковий хліб за вимогами [111] випікають малою масою і тісто поділяють на шматки масою 0,2...0,3 кг, як для традиційних дрібноштучних хлібобулочних виробів. Для поділу безбілкового тіста на шматки малої маси можна використовувати тістоподільники марок ХДЗ, РЗ-ХДП, Ш25-ХДН, А2-ХПО/5 та інші, які використовуються для поділу традиційного пшеничного тіста. Під час проведення апробації виробництва хліба в умовах ПрАТ «Хлібо завод «Салтівський» (м. Харків) було з'ясовано,

що тісто піддавалося механізованому формуванню на тістоподільнику марки А2-ХТН.

Після поділу тіста на шматки відбувається розкладання його у форми, потім воно піддається вистоюванню. Відомо, що в процесі вистоювання відбувається відновлення частково зруйнованої при формуванні структури тіста, продовжується процес бродіння з метою розпушення тістової заготовки, збільшення її в об'ємі.

Було встановлено, що за органолептичними показниками тісто досягало готовності до випікання протягом 30×60 с вистоювання за температури $32...35^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості $75...85\%$. За такого режиму вистоювання тістова заготовка набувала ознак готовності: об'єм тіста збільшувався на 60% , тісто досягало країв форми, поверхня була гладкою, опуклою, при легкому натисканні пальцями на поверхню сліди вирівнювалися повільно.

Таким чином, загальна тривалість дозрівання безбілкового тіста на основі запропонованих рецептурних компонентів становить 90×60 с, що складається з 60×60 с бродіння і 30×60 с вистоювання.

Попередніми дослідженнями (табл. 3.1) доведено, що за рахунок додавання цукру в кількості 4% до маси крохмалю у дозрілому безбілковому тісті після стадії вистоювання міститься достатня кількість зброджуваних цукрів для забезпечення формування аромату хліба і забарвлення скоринки під час випікання.

Забарвлення скоринки хліба зумовлюється процесами меланоїдиноутворення, карамелізації цукрів та декстринізації крохмалю. Нами було прийнято до уваги, що реакція меланоїдиноутворення навіть при достатній кількості незброджених цукрів може протікати в'яло через низьку кількість білків у хлібі. Але забезпечення колірування може перекриватися реакціями карамелізації цукрів та декстринізації крохмалю за умов підвищення температури. Проте суттєве підвищення температури випічки обмежено через збільшення вірогідності отримання не пропеченої м'якушки.

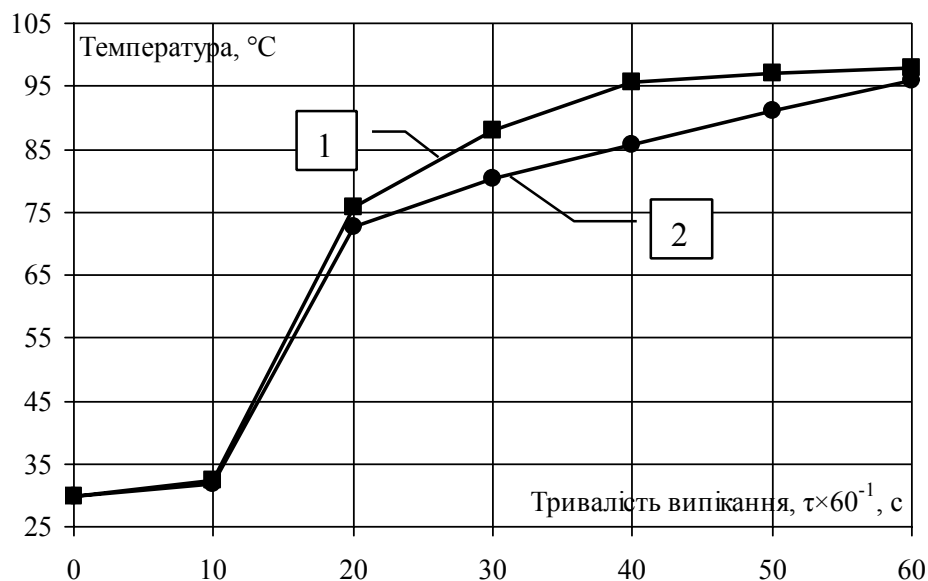
Тому було доцільно встановити оптимальну температуру випічки, яка б забезпечувала готовність м'якушки, тобто пропеченість м'якушки, та потрібне колірування скоринки.

3.3 Обґрунтування параметрів випікання безбілкового хліба

Відомо, що випічку дріжджового тіста ведуть за температур $200...220^{\circ}\text{C}$. Тривалість випічки залежить від маси тістових заготовок, кількості здоби у тісті, ступеню заправки печі. Як правило, чим крупніші тістові заготовки і чим більше здоби міститься у тісті, тим більша тривалість випічки і менша температура. Переважно булочні вироби масою до 300 г випікають за температури 200°C протягом $(15...20) \times 60$ с.

Встановлення режимів випікання проводили за визначенням температури в центрі виробу (рис. 3.3) та органолептичними показниками. Відомо, що при досягненні центром тістової заготовки температури $96...98^{\circ}\text{C}$ вона повністю

перетворюється в готовий до вживання виріб. Температуру в центрі виробу визначали за допомогою електронного термометра фірми «IREKS» з діапазоном температур від -50°C до $+200^{\circ}\text{C}$.



**Рисунок 3.3 – Залежність температури у центрі тістової заготовки хліба від тривалості випікання за різних температур випікання:
1 – 220°C ; 2 – 210°C**

З рис. 3.3 видно, що в процесі випікання температура в центрі тістової заготовки досягає значення $96\ldots 98^{\circ}\text{C}$ через 40×60 с випікання за температури 220°C і через 60×60 с випікання за температури 210°C . Тому, можна вважати, що потрібні режими випікання складають: температура $210\ldots 220^{\circ}\text{C}$, тривалість $40\ldots 60 \times 60$ с.

Слід зазначити, що при випіканні безбілкового хліба за температури 200°C мало місце слабе колірування скоринки, навіть при тривалому випіканні (протягом 60×60 с). Тільки підвищення температури до $210\ldots 220^{\circ}\text{C}$ сприяло отриманню «рум'яної» скоринки, що очевидно забезпечувалося кращим протіканням реакцій карамелізації цукрів та декстринізації крохмалю. В результаті, при недостатності продуктів реакції меланоїдиноутворення колірування забезпечується підвищенням температури випічки.

ГЛАВА 4

ЗБЕРЕЖЕННЯ СВІЖОСТІ БЕЗБІЛКОВОГО ХЛІБА ТА ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Збереження свіжості безбілкового хліба та підвищення його харчової цінності є важливими складовими його споживчої цінності. У збереженні свіжості найбільшу роль відіграють процеси черствіння. Оскільки основним рецептурним компонентом безбілкового хліба є крохмаль, то можна припустити, що процеси черствіння у цьому хлібі будуть протікати набагато інтенсивніше, ніж у традиційному хлібі на основі білоквмісного борошна. Тому актуальним було дослідити можливість сповільнення черствіння безбілкового хліба на основі крохалю.

Єдиним документом в Україні, що регламентує виробництво безбілкового хліба є ДСТУ 4588:2006 «Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання» [6] і відповідно до нього цей хліб має термін зберігання лише 24×3600 с.

Актуальним також є підвищення харчової цінності безбілкового хліба, оскільки такий хліб виготовляється із сировини, що містить незначну кількість вітамінів, мінеральних речовин і харчових волокон. Про актуальність цього напрямку свідчать численні дослідження закордонних вчених по збагаченню безбілкового і безглютенового хліба [37, 60, 93...101].

На сьогоднішній день накопичено багато даних, що стосуються можливості сповільнення процесів черствіння. Так, сповільнювати черствіння традиційного хліба можна за рахунок таких факторів, як застосування технологічних заходів, при використанні яких підвищується міра набухання колоїдів борошна, поглиблюється ферментативний гідроліз крохмалю та білків в процесі приготування тіста; швидкого охолодження та зберігання при підвищеній вологості повітря у спеціальних приміщеннях, заморожування [109]; за рахунок використання спеціального пакування виробів [197], а також додавання сировини, що містить редукуючі цукри, зокрема, продукти гідролізу крохмалю – мальтозної та глюкозної патоки.

Агрегацію амілози та амілопектину може гальмувати утворення комплексів крохмальних полісахаридів із ліпідами. Поверхнево-активні речовини також утворюють комплекси з крохмальними полісахаридами, тим самим перешкоджають агрегації амілози та амілопектину, що відбувається при старінні крохмалю.

Відомо, що також сповільнюють черствіння хліба гідрофільні колоїди, такі як метилцелюлоза [88], Na-КМЦ [198], мальтодекстрини [198, 199], пектин [79, 199], гуарова камедь [81], камедь рожкового дерева [81, 199], ксантанова камедь [79].

Отже, з погляду на вищесказане в даній главі дослідження проводили за наступними напрямками:

– вивчення впливу ксантану на процес черствіння безбілкового хліба;

- вивчення впливу олії соняшникової на процес черствіння безбілкового хліба;
- дослідження вмісту ароматичних речовин під час зберігання;
- вибір пакувального матеріалу;
- підвищення харчової цінності дієтичного безбілкового хліба за рахунок використання кріопасті з рослинної сировини.

4.1 Вивчення впливу ксантану на процес черствіння безбілкового хліба

Відомо, що гідроколоїди здатні сповільнювати черствіння, тому доцільно було дослідити вплив ксантану на процес черствіння безбілкового хліба і перевірити, чи дасть суттєвий ефект збільшення кількості ксантанової камеді з 0,3 до 0,5% до маси крохмалю.

Дослідження впливу ксантану на процес черствіння безбілкового хліба проводили за показниками усихання, стискаємості м'якушки, кришкуватості та кількістю зв'язаної води м'якушкою хліба.

Відомо, що усихання хліба характеризується втратою води, тому змінюється маса хліба в процесі остигання і зберігання. Чим більше усихання в процесі зберігання, тим більше хліб втрачає свіжість.

Усихання визначали за зміною маси виробів через кожні 6×3600 с. Хліб зберігали без пакування за кімнатної температури і відносної вологості повітря 75...80%. Дослідні зразки безбілкового хліба готували на основі кукурудзяного крохмалю із додаванням ксантану в кількостях 0,1...0,5% до маси крохмалю та зберігали протягом 24×3600 с. В якості контролю використовували хліб без структуроутворювача. За свіжовипечений зразок хліба вважали хліб, який після виймання з печі зберігався протягом 3×3600 с. Отримані дані наведені на рис. 4.1.

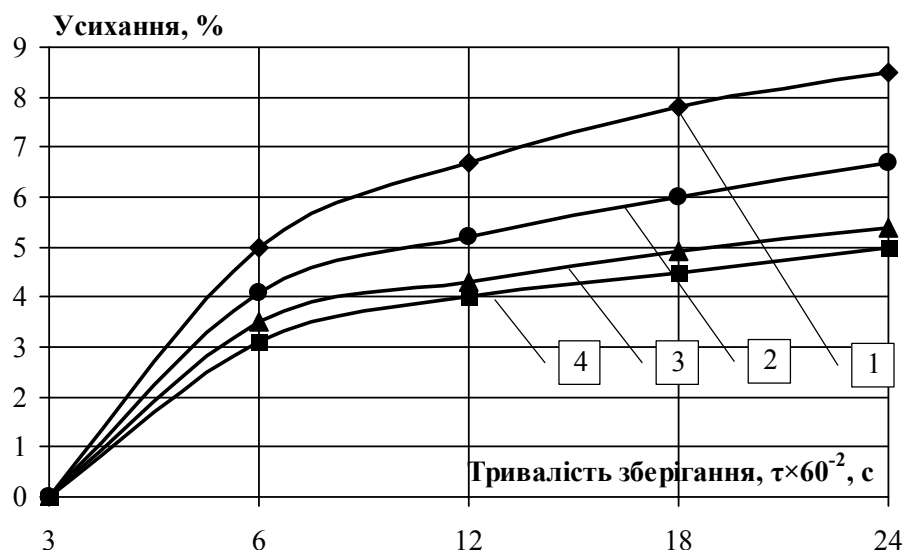


Рисунок 4.1 – Зміна показника усихання безбілкового хліба в процесі зберігання за різної кількості ксантану, % до маси крохмалю:
1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5

З рис. 4.1 видно, що найбільш інтенсивно іде усихання хліба у контрольному зразку без добавки. Видно, що додавання ксантану призводить до зменшення усихання. Уже за кількості ксантану 0,1% до маси крохмалю усихання зменшується до 6,7%, а 0,3% – до 5,4%. Але подальше збільшення ксантану до 0,5% не дає суттєвого ефекту зменшення усихання: цей показник становить 5,2%, тобто зменшується лише на 0,2%.

Багато методів оцінки свіжості випеченого хліба засновані на дослідженні змін властивостей м'якушки. Нами було проведено визначення структурно-механічних властивостей м'якушки за таким показником, як стискуваність на пенетрометрі. Визначення проводили за відомою методикою [177]. Результати отриманих значень ступеня деформації м'якушки хліба наведені на рис. 4.2.

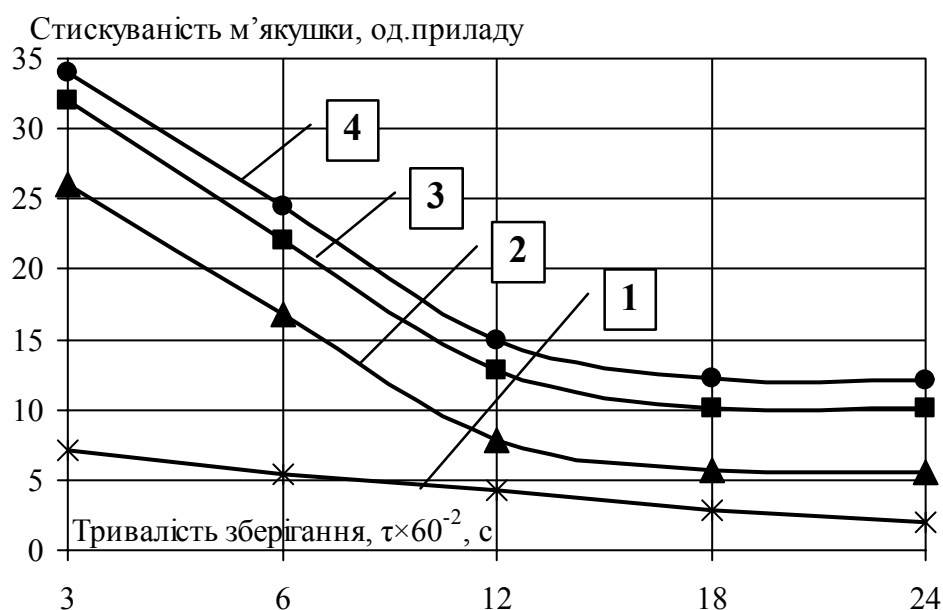


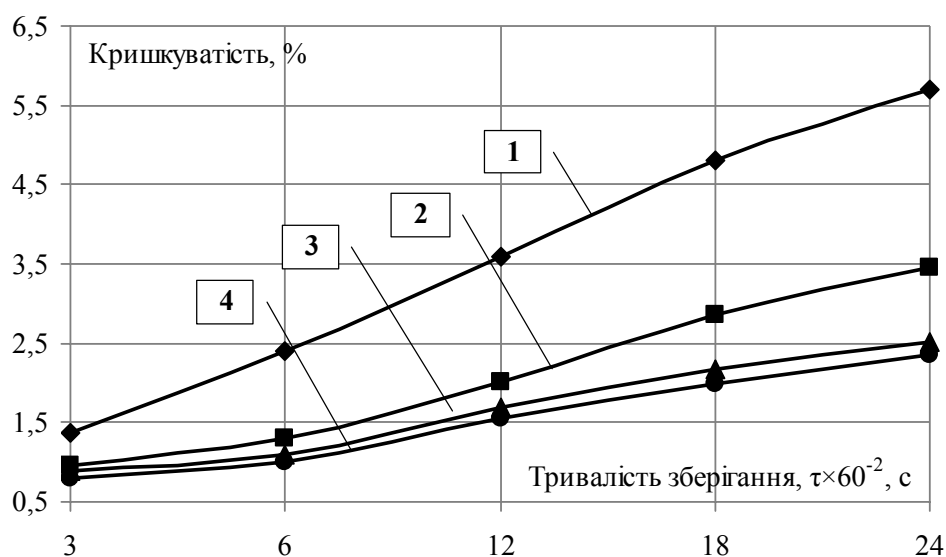
Рисунок 4.2 – Зміна стискуваності м'якушки безбілкового хліба в процесі зберігання за різної кількості ксантану, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5

Як видно з рис. 4.2, стискуваність м'якушки всіх зразків хліба в процесі зберігання знижується, що свідчить про черствіння хліба. Цікаво, що зразок без ксантану на початку має низький показник стискуваності, який мало змінюється в процесі зберігання. Але додавання ксантану призводить до збільшення стискуваності, тобто кращого збереження свіжості. Це можливо пов'язано з тим, що внаслідок наявності вологоутримуючих властивостей, ксантан в тістовій системі та готовому виробі утримує воду у зв'язаному стані та, тим самим, стримує набуття твердості м'якушки і уповільнює протікання процесу черствіння. Із рис. 4.2 також видно, що додавання ксантану в кількості 0,3...0,5% до маси крохмалю дає приблизно однаковий ефект збереження свіжості хліба.

Свіжість хліба або ступінь його черствіння визначали також за показником кришкуватості, використовуючи методику [179, с.181]. Відомо, що кришкуватість м'якушки пов'язують з утворенням повітряних прошарків за

рахунок зменшення об'єму крохмальних зерен у зв'язку з їх кристалізацією. У більш черствого хліба повітряні прошарки помітніші.

Отримані дані щодо зміни показника кришкуватості безбілкового хліба під час зберігання наведені на рис. 4.3.



**Рисунок 4.3 – Зміна показника кришкуватості безбілкового хліба в процесі зберігання за різної кількості ксантану, % до маси крохмалю:
1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5**

З рис. 4.3 видно, що в процесі зберігання хліба кришкуватість збільшується. Найбільші значення кришкуватості має контрольний зразок. Так, для контрольного зразка хліба без добавки через 24×3600 с зберігання кришкуватість збільшується в 4,1 рази. Для зразка хліба з внесенням ксантану в кількості 0,1% до маси крохмалю показник кришкуватості через 24×3600 с зберігання збільшується в 3,6 рази.

Із рис. 4.3 видно, що, чим більше ксантану, тим менший показник кришкуватості протягом 24×3600 с зберігання. Але зразки з кількістю ксантану 0,3% і 0,5% мають близькі значення показника кришкуватості.

Скоріше за все, здатність ксантану знижувати кришкуватість хліба може бути пов'язана із обволікуванням частково клейстеризованих зерен крохмалю і сповільненням їх ущільнення внаслідок кристалізації амілози і амілопектину під час зберігання. Такий ефект пов'язаний із сповільненням утворення повітряних прошарків між гідроколоїдом та частково клейстеризованими крохмальними зернами.

Для дослідження свіжості виробів також використовується метод визначення кількості води, яку поглинає м'якушка хліба [179, с.181...182]. Під час зберігання хліба відбуваються зміни фізичних властивостей м'якушки, її ущільнення. М'якушка стає твердішою, крихкуватою, зменшується її еластичність, внаслідок цього в процесі зберігання м'якушка здатна поглинати набагато меншу кількість води. На рис. 4.4 наведені отримані дані кількості води, поглинутої хлібом, в залежності від терміну зберігання.

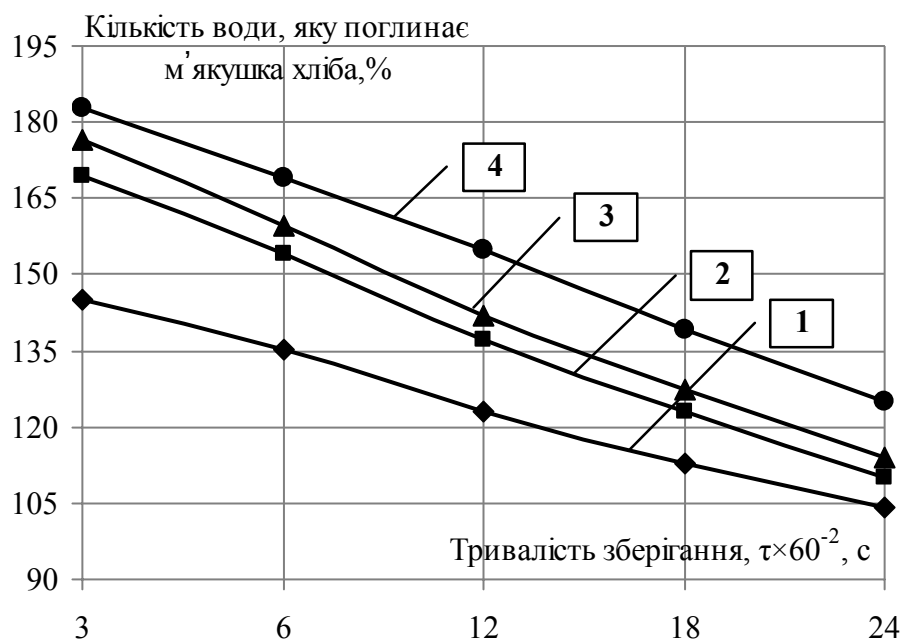


Рисунок 4.4 – Зміна кількість води, яку поглинає м'якушка хліба, в процесі зберігання за різної кількості ксантану, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 0,1; 3 – 0,3; 4 – 0,5

З рис. 4.4 видно, що в процесі зберігання знижується здатність м'якушки поглинати воду. Але, додавання ксантану сприяє збереженню здатності поглинати воду. Криві з кількостями ксантану 0,1...0,5% лежать вище, ніж крива контрольного зразка. Через 24×3600 с зберігання кількість поглинутої м'якушкою води зразком хліба з кількістю ксантану 0,1% до маси крохмалю більша у порівнянні з контрольным зразком на 5,6%, і менша у порівнянні із зразком з кількістю ксантану 0,3% – на 3,6%.

Отже, можна зробити висновок, що додавання ксантану призводить до зменшення показника усихання та кришкуватості в процесі зберігання, а також до покращення показника кількості води, поглинутої хлібом. Але, збільшення кількості ксантану від 0,3 до 0,5% не дає суттєвого ефекту покращення показників збереженості. Тому недоцільно в рецептурі хліба приймати кількість ксантану більше, ніж 0,3% з метою сповільнення черствіння.

Нами була поставлена задача пошуку способу виробництва безбілкового хліба, який би дозволив сповільнити черствіння і збільшити терміни зберігання.

Проаналізувавши можливі напрямки сповільнення черствіння, нами було обрано зміну рецептурного складу за рахунок збільшення жирового компоненту. Відомо, що дріжджові вироби з високим вмістом жиру черствіють повільніше. Додавання олії в більших кількостях може призвести не тільки до подовження термінів зберігання безбілкового хліба, але і дозволить збагатити хліб ненасиченими жирними кислотами та підвищити його калорійність. Крім того, це досить доступний спосіб, оскільки олія як сировина широко використовується в харчових технологіях, доступна на вітчизняному ринку сировини; при її використанні не потребується спеціального нового обладнання.

4.2 Вивчення впливу олії соняшникової на процес черствіння безбілкового хліба

Добре відомо, що процес ретроградації крохмалю може гальмувати утворення комплексів крохмальних полісахаридів із ліпідами. Ліпіди також створюють тонкі плівки, що обгортають та «змазують» частинки оклейстеризованих крохмальних зерен, чим заважають вивільненню води в процесі усихання хліба. В якості жирового компонента при замішуванні безбілкового тіста нами запропоновано використовувати олію соняшкову рафіновану дезодоровану.

Дослідні зразки безбілкового хліба готували із додаванням олії в кількостях 5...15% до маси крохмалю. При чому, олію вносили в суміш сухих компонентів, перемішували до однорідної маси і додавали суспензію дріжджів. Нами було встановлено, що навіть 10% олії неможливо додати у тісто в кінці замісу, як це прийнято в традиційній технології приготування дріжджового тіста. При додаванні 10% олії до безбілкового тіста в кінці замісу вона погано ним утримується і «відсікається» в процесі бродіння і вистоювання тіста. А додавання цієї і більшої кількості олії в суху суміш дозволяє уникнути ефекту «відсікання».

В якості контролю був зразок без додавання олії. У випечених виробках з різною кількістю олії досліджували органолептичні та фізико-хімічні показники якості (табл. 4.1), а також показники збереженості (рис. 4.5...4.7).

Таблиця 4.1 – Показники якості безбілкового хліба за різної кількості олії соняшникової

Показники	Контроль	Кількість олії соняшникової, % до маси крохмалю		
		5,0	10,0	15,0
Питомий об'єм хліба, см ³ /г	2,27±0,11	2,45±0,02	2,46±0,02	2,43±0,06
Пористість, %	58,80±2,94	65,0±0,35	66,0±0,35	63,6±0,35
Зовнішній вигляд: форма	Відповідає формі, в якій проводилось випікання, без бокових впливів			
поверхня	Відповідає виду виробу, без забруднення, наявні невеликі тріщини на поверхні	Відповідає виду виробу, без забруднення, без великих тріщин на поверхні		Відповідає виду виробу, без великих тріщин на поверхні, масляниста на дотик
Колір скоринки	Світло-коричневий			
Стан м'якушки: пропеченість	Пропечена, еластична, не волога на дотик			
пористість	Добре розвинута, рівномірна, без пустот			
Смак	Притаманний даному виду виробів, без стороннього присмаку			Притаманний даному виду виробів, з яскраво вираженим присмаком олії
Запах	Власний даному виду виробів, приємний, без стороннього запаху			

З табл. 4.1 видно, що додавання олії в кількості 15% призводить до того, що поверхня виробів стає маслянистою на дотик і з'являється виражений специфічний присмак олії. Крім того, дещо знижується пористість і зменшується питомий об'єм хліба. За кількості олії 10% такого ефекту не спостерігається.

Зберігання хліба з різним вмістом олії досліджували за такими показниками як: усихання, кришкуватість, кількість вологи, що поглинає м'якушка. Досліджували також рухливість молекул води в системі за ЯМР-дослідженнями. Хліб зберігали без пакування за кімнатної температури і відносної вологості повітря 75...80%.

Крім того, встановлювали показники збереженості для традиційного хліба з борошна пшеничного (ГОСТ 27842-88), який має термін зберігання 36×3600 с і порівнювали їх із показниками для безбілкового хліба. Співпадання значень показників дозволяло судити про можливість збільшення термінів зберігання безбілкового хліба до 36×3600 с.

Дослідження зміни показника усихання безбілкового хліба під час зберігання представлені на рис. 4.5.

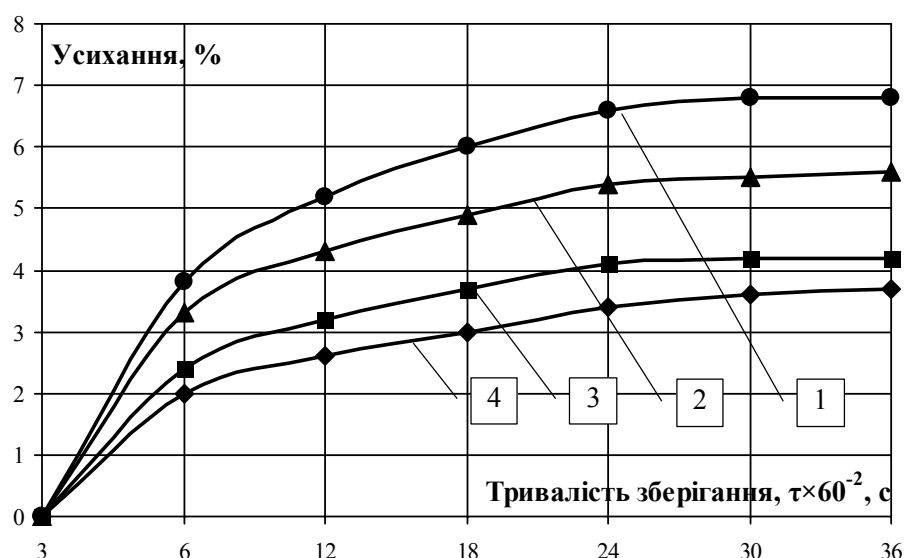


Рисунок 4.5 – Зміна показника усихання хліба в процесі зберігання при додаванні олії в кількості, % до маси крохмалю:
1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15

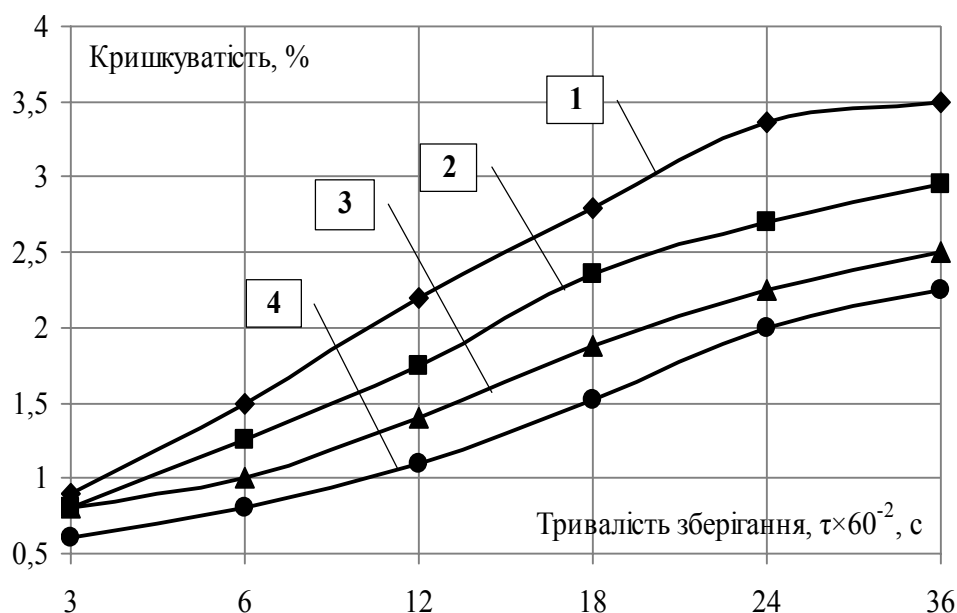
З рис. 4.5 видно, що в процесі зберігання показник усихання зразків хліба збільшується. Найбільш інтенсивно збільшується усихання в перші 24×3600 с зберігання, потім процес усихання сповільнюється. Проте, чим більша кількість олії, тим менший показник усихання.

Так, додавання олії в кількості 5% до маси крохмалю знижує показник усихання через 36×3600 с зберігання на 19% порівняно з контролем. А внесення олії в кількості 15% до маси крохмалю через 36×3600 с зберігання знижує показник усихання вже на 44% порівняно з контролем.

Показник усихання для зразка хліба з кількістю олії 10% через 36×3600 с зберігання складає 4,3%. В той же час для хліба традиційного усихання через

36×3600 с зберігання складало $4,2 \pm 0,2\%$. Тобто, значення показника усихання безбілкового хліба з додаванням олії в кількості 10% співпадає із показником усихання традиційного хліба, що говорить про можливість встановлення терміну зберігання безбілкового хліба 36×3600 с за цим показником.

Дослідження зміни показника кришкуватості безбілкового хліба під час зберігання представлені на рис. 4.6.



**Рисунок 4.6 – Зміна показника кришкуватості м'якушки хліба в процесі зберігання при додаванні олії в кількості, % до маси крохмалю:
1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15**

З рис. 4.6 видно, що в процесі зберігання хліба кришкуватість збільшується для всіх досліджених зразків. Але, чим більший вміст олії, тим менший показник кришкуватості, тобто більші кількості олії сприяють сповільненню черствіння.

Найбільш інтенсивно збільшується кришкуватість в перші 24×3600 с зберігання, потім темп наростання кришкуватості сповільнюється. Через 36×3600 с зберігання показник кришкуватості зразка з кількістю олії 15% був менший у порівнянні з контролем на 60%.

Для зразка із кількістю олії 10% через 36×3600 с зберігання кришкуватість склала 2,4%, а для хліба традиційного кришкуватість через 36×3600 с зберігання складала $2,5 \pm 0,13\%$. Тобто, значення показника кришкуватості безбілкового хліба з додаванням олії в кількості 10% співпадає із показником кришкуватості традиційного хліба, що також говорить про можливість встановлення терміну зберігання безбілкового хліба 36×3600 с.

Крім того, визначали кількість води, яку поглинає м'якушка хліба [179]. На рис. 4.7 наведені результати досліджу.

З рис. 4.7 видно, що в процесі зберігання спостерігається тенденція зменшення кількості води, яку поглинула м'якушка, для всіх досліджених

зразків хліба. При чому, додавання олії призводить до зниження здатності м'якушки хліба поглинати воду.



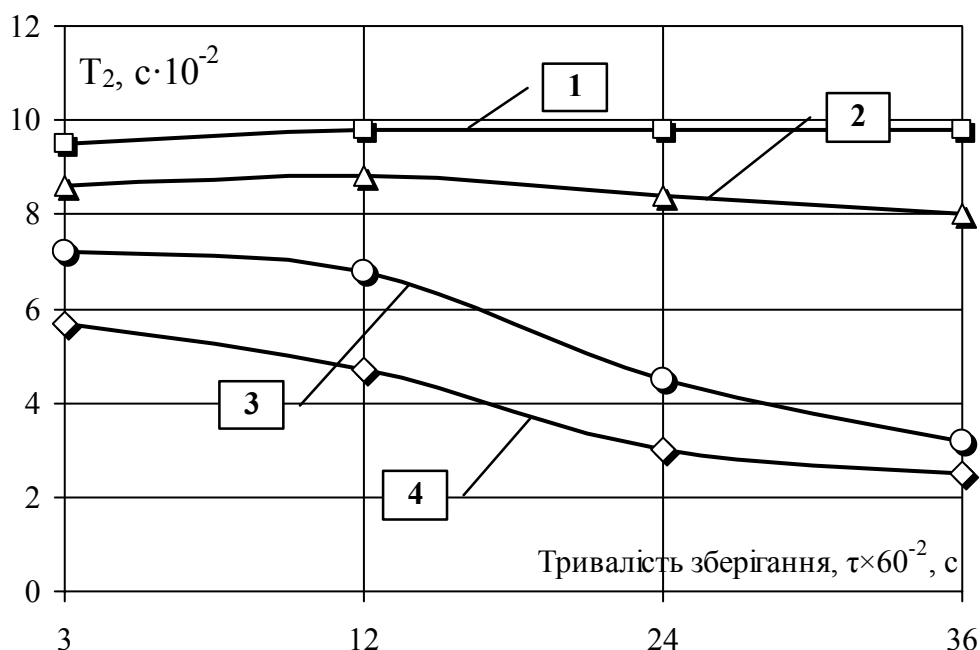
Рисунок 4.7 – Зміна кількості води, яку поглинає м'якушка хліба, в процесі зберігання при додаванні олії в кількості, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15

Так, через 36×3600 с зберігання кількість поглинутої м'якушкою води зразком хліба з кількістю олії 5% до маси крохмалю менша у порівнянні з контрольним зразком на 7,3%, з кількістю олії 10% – на 11,2% та з кількістю олії 15% – на 17,2%. Зменшення показника поглинання води може бути пов'язано із гідрофобними властивостями олії.

Показник кількості води, яку поглинула м'якушка, також був визначений для традиційного хліба. Він склав $106 \pm 5,3\%$. Видно, що близькі до цього значення має зразок безбілкового хліба з кількістю олії 10%, що дозволяє судити про можливі однакові терміни зберігання цих зразків хліба.

Зміну стану води (рухливість води) в дієтичному безбілковому хлібі з додавання олії соняшникової досліджували методом ядерного магнітного резонансу. Відомо, що чим більша кількість зв'язаної води, та чим менша рухливість води, тим менше усихання продукту. Для проведення експерименту був застосований двохімпульсний спосіб спінової луни, який дозволяє вимірювати час спін-граткової та спін-спінової релаксації [200]. На рис. 4.8 наведені результати вимірювання часу спін-спінової релаксації (T_2) у безбілковому хлібі протягом 36×3600 с зберігання в залежності від кількості внесеної олії.

Одержані дані показують, що при збільшенні вмісту олії в хлібі час спін-спінової релаксації протягом зберігання зменшується. Так, у порівнянні з контрольним зразком при збільшенні кількості олії в хлібі до 15% через 36×3600 с зберігання значення T_2 зменшується на 74,5%.



**Рисунок 4.8 – Зміна часу спин-спинової релаксації (T_2) в процесі зберігання при додаванні олії в кількості, % до маси крохмалю:
1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15**

Це свідчить про те, що зменшується, в першу чергу, кількість рухливої вологи, тобто сповільнюється усихання. Такий висновок за даними ЯМР корелює з даними зміни показника усихання хліба (рис. 4.5).

Таким чином, результати досліджень свідчать, що в межах досліджених кількостей, чим більша кількість олії у безбілковому хлібі, тим він краще зберігається. Але, не дивлячись на те, що показники збереженості хліба за кількості олії 15% кращі, в процесі виготовлення хліба можна використовувати тільки 10% олії. Це зумовлено тим, що за кількості 10% олії хліб не має маслянистої на дотик поверхні і специфічного маслянистого присмаку, які з'являються за кількості олії 15% (табл. 4.1).

Слід зазначити, що в процесі зберігання хліба окрім черствіння має місце «послаблення» смаку і аромату. Тому доцільно було перевірити, як змінюються ці складові споживчої цінності хліба в процесі зберігання безбілкового хліба у порівнянні з традиційним хлібом.

4.3 Дослідження вмісту ароматичних речовин під час зберігання

Як відомо, смак та аромат хліба обумовлює якісний склад хімічних сполук. За даними науковців, аромат хліба обумовлюють близько 254 сполук різної хімічної будови [116, 201]. Методика оцінки аромату хліба ґрунтується на визначенні вмісту бісульфітзв'язуючих сполук. Відомо, що якісний склад сполук, що обумовлюють аромат хліба, не змінюється, відбувається лише зменшення вмісту складових ароматичного комплексу [201]. Частина ароматичних речовин звільнюється зі скоринки хліба в оточуюче середовище,

інша частина дифундує зі скоринки до м'якушки. Деякі компоненти ароматичного комплексу адсорбуються на біополімерах м'якушки і переходять у зв'язаний стан. Найбільше значення у втраті ароматоутворювальних речовин традиційного хліба надається їх звітрюванню та адсорбції крохмалем і білками [109, 116].

Досліджували вміст бісульфітзв'язуючих сполук в скоринці і м'якушці зразків безбілкового хліба в процесі зберігання протягом 36×3600 с. Контролем був хліб з пшеничного борошна. Результати отриманих даних наведені на рис. 4.9.

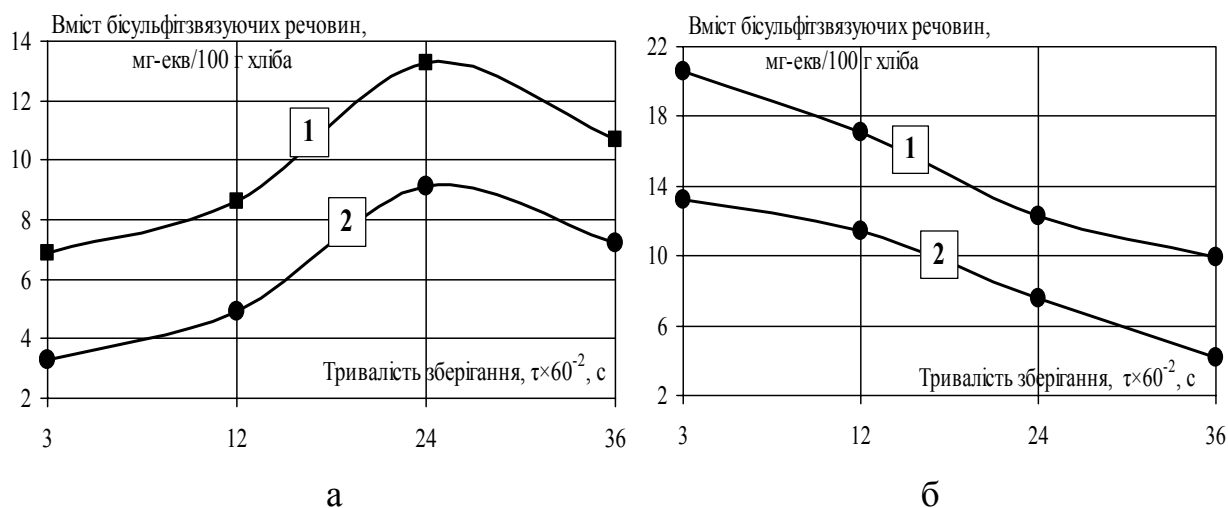


Рисунок 4.9 – Зміна вмісту бісульфітзв'язуючих сполук в м'якушці (а) та скоринці (б) зразків хліба в процесі зберігання: 1 – традиційного хліба; 2 – безбілкового хліба

Як видно з рис. 4.9, загальний вміст бісульфітзв'язуючих сполук як в скоринці, так і в м'якушці традиційного хліба більший порівняно із дослідним, а саме, цей вміст в середньому більший у 2 рази у порівнянні з безбілковим хлібом. Це є цілком зрозумілим, адже безбілковий хліб виготовляється на основі крохмалю, а борошна, що зумовлює характерний смак і запах виробів, міститься всього 5% до маси крохмалю. Крім того, цей дієтичний хліб має набагато менше білка, який приймає участь у реакції меланоїдиноутворення, продукти якої багато в чому формують характерний смак і аромат хліба.

В той же час, тенденція зміни вмісту бісульфітзв'язуючих сполук в процесі зберігання хліба така ж, як і для традиційного хліба. Тобто, у м'якушці спочатку відбувається накопичення бісульфітзв'язуючих сполук за рахунок міграції цих речовин зі скоринки до м'якушки, а після 24×3600 с зберігання вміст бісульфітзв'язуючих сполук знижується. У скоринці хліба не має такого піку накопичення бісульфітзв'язуючих сполук, їх вміст поступово знижується в процесі зберігання.

Із рис. 4.9 також видно, що вміст бісульфітзв'язуючих сполук в скоринці в цілому вищий, ніж у м'якушці хліба. Це зумовлено тим, що реакції

карамелізації і меланоїдиноутворення протікають в основному в скоринці. Для свіжовипеченого безбілкового хліба вміст бісульфітзв'язуючих сполук в скоринці більший у 3,7 рази, ніж у м'якушці, а через 36×3600 с зберігання вміст бісульфітзв'язуючих сполук в скоринці стає меншим, ніж у м'якушці. Це може бути пов'язано з тим, що у скоринці частина ароматоутворюючих речовин легше звільнюється, крім того, в процесі зберігання певна їх частина мігрує до м'якушки.

Вирішуючи питання зберігання свіжості хліба, доцільно дослідити вплив пакування на показники збереженості. Цей спосіб підвищення термінів зберігання часто застосовується на практиці. Цікавим було дослідити збереженість свіжості безбілкового хліба при використанні різних видів пакувальних матеріалів в процесі зберігання.

4.4 Вибір пакувального матеріалу

Пакування безбілкових хлібобулочних виробів є найбільш економічним заходом покращення споживчої цінності хліба, а саме подовження тривалості збереження хлібом свіжості, зменшення втрат під час усихання, поліпшення санітарно-гігієнічних умов зберігання, транспортування і реалізації продукції.

Згідно вимог ДСТУ 4588:2006 [6], вироби хлібобулочні дієтичні (оздоровчі, профілактичні) випускають як упакованими, так і без упаковки. Для пакування готових виробів використовують харчову поліетиленову плівку за ГОСТ 25951 та інші пакувальні матеріали, застосування яких у контакті з харчовими продуктами дозволено центральним органом виконавчої влади з питань охорони здоров'я. З паперів для пакування здебільшого застосовується пергамент. Крім того, застосовуються також полімерні плівки з поліетилену. Використання плівок з поліетилену низької щільності для пакування хлібобулочних виробів обумовлено їх високою еластичністю, термостійкістю, водостійкістю, паронепроникливістю.

Нами були проведені дослідження зміни показника усихання безбілкового хліба під час зберігання протягом 36×3600 с із застосуванням різних пакувальних матеріалів. В якості пакувальних матеріалів було використано пергамент за ГОСТ 1341 [202], харчову поліетиленову плівку термоусадочну за ГОСТ 25951 [203] та плівку поліетиленову за ГОСТ 10354 [204]. Пергамент було використано у зв'язку з тенденцією до пакування продуктів у біодеградовані матеріали. Характеристика досліджуваних пакувальних матеріалів наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристика пакувальних матеріалів

Показник	Пергамент рослинний ГОСТ 1341-97	Плівка поліетиленова термоусадочна ГОСТ 25951-83	Плівка поліетиленова ГОСТ 10354-82
Марка	Пергамент «Б», харчовий масою 56 г на 1м ²	Плівка поліетиленова термоусадочна, У, рукав 0,03×(1000×2) харчова	Плівка поліетиленова, Н, рукав 0,03×(1400×2), вищий сорт
Розривна довжина, м, не менше: – в машинному напрямку – в поперечному напрямку	7100 4100	–	–
Відносний опір продавлюванню, кПа, не менше	310	–	–
Міцність при розтягуванні, МПа (кгс/см ²), не менше, в напрямку: – в повздовжньому напрямку – в поперечному напрямку	–	14,7 (150) 13,7 (140)	14,7 (150) 11,8 (120)
Відносне подовження при розриві, %, не менше, в напрямку: – в повздовжньому напрямку – в поперечному напрямку	–	200 300	150 150
Жиропрониклість: кількість наскрізних отворів розміром не менше 0,1 мм на 1 м ² , не більше	75	–	–
Вологість, %	7,0 – 9,0	–	–
Номінальна товщина матеріалу, мм	Встановлюється згідно потреб споживача	0,03...0,07±20	0,015...0,500±20

Зміну показника усихання хліба вимірювали через кожні 6×3600 с. Результати отриманих даних представлені на рис. 4.10.

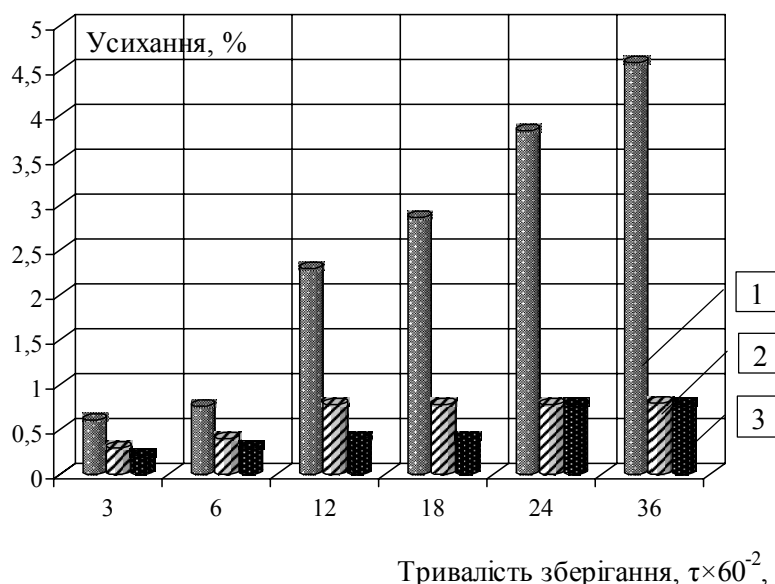


Рисунок 4.10 – Зміна показника усихання безбілкового хліба в процесі зберігання в різних пакувальних матеріалах, %: 1 – пергамент рослинний; 2 – плівка поліетиленова термоусадочна; 3 – плівка поліетиленова

Із рис. 4.10 видно, що в процесі зберігання показник усихання для всіх зразків хліба збільшується незалежно від виду пакувального матеріалу. Отже, повністю перешкодити усихання хліба неможливо. Крім того, дані рис. 5.10 свідчать, що показник усихання хліба в пергаменті є суттєво більшим порівняно із хлібом в плівках. Так, через 36×3600 с зберігання показник усихання хліба в пергаменті на 83% більший від показника усихання хліба в плівках. Видно, що показники усихання хліба в плівках через 36×3600 с зберігання майже однакові та складають 0,76% та 0,78%. Отже, пергамент найгірше утримує вологу, тому недоцільно його використовувати для зберігання хліба.

4.5 Підвищення харчової цінності дієтичного безбілкового хліба за рахунок використання кріопасті з рослинної сировини

Важливу роль у споживчій цінності хліба відіграє його харчова цінність. Обґрунтований нами рецептурний склад безбілкового хліба (глава 2) дозволяє одержати сприйнятливую структуру і органолептичні показники хліба, схожі до традиційного на пшеничному борошні. Але такий безбілковий хліб характеризується невисокою харчовою цінністю за вмістом вітамінів, мінеральних речовин, клітковини, оскільки не містить сировини, що несе ці компоненти. Як свідчить огляд літератури, для покращення харчової цінності безбілкового хліба додають збагачувальні добавки, а саме препарати харчових волокон, вітамінні та мінеральні премікси, суміші амінокислот без фенілаланіну [60, 93...101].

Перспективним, на наш погляд, є підвищення харчової цінності за рахунок використання нового препарату з рослинної сировини –

дрібнодисперсних заморожених добавок (кріопаст). Відомо, що добавки з рослинної сировини дозволяють не тільки покращити харчову цінність, органолептичні, фізико-хімічні показники якості хліба, але і впливають на процес сповільнення черствіння. Крім того, хлібобулочні вироби, збагачені добавками з рослинної сировини, набувають лікувально-профілактичних і оздоровчих властивостей.

Проблемою збагачення традиційних хлібобулочних виробів продуктами перероблення плодів та овочів займалися багато вчених (В.І. Дробот, Л.І. Карнаушенко, С.Я. Корячкіна, Л.І. Пучкова та інші дослідники) [109, 117, 205, 206].

На кафедрі «Технології зберігання, консервування та переробки плодів та овочів» Харківського державного університету харчування та торгівлі під керівництвом д-ра техн. наук, професора Р.Ю. Павлюк було розроблено нову технологію отримання кріоподрібнених рослинних паст із плодів та овочів, що мають підвищений вміст вітамінів, мінеральних, пектинових речовин і нерозчинних харчових волокон [207]. Особливістю даної технології є використання рідкого та газоподібного азоту, який забезпечує не лише збереження всіх БАР, а й дозволяє отримати пасти з принципово новими споживчими властивостями. В цих пастах значна кількість БАР (наприклад, аскорбінова кислота, антоціани, каротиноїди та інші) переходять із зв'язаного з біополімерами стану у вільний, а біополімери, що містяться в сировині, в значній кількості (від 40 до 60%) руйнуються до низькомолекулярних складових (амінокислот, моноцукрів, галактуранової кислоти та ін.). Такі властивості паст зумовлені особливостями їх отримання в результаті процесу кріодеструкції.

Нами було запропоновано використовувати дрібнодисперсну заморожену добавку з каротинвмісної сировини – кріопасту з моркви. Застосування цього об'єкту в харчових технологіях було широко досліджено проф. Погарською В.В. [208] та іншими науковцями. Але зовсім немає даних у вітчизняній та закордонній літературі щодо використання кріопасту у технологіях безбілкового хліба.

Кріопаста випускається згідно ТУ У 40-01566380057-98 «Пастоподібна каротиноїдна добавка». За органолептичними показниками паста являє собою однорідну дрібнодисперсну масу яскраво помаранчевого кольору з характерним морквяним запахом та смаком. Вміст вологи в пасті складає 85%, вміст загальних вуглеводів – 9,2%, в т.ч. моно- і дисахаридів – 7,9%, крохмалю – 0,3%; вміст клітковини – 1,6%; вміст органічних кислот – 0,13%; вміст мінеральних речовин – 1,3%, в т.ч. Na – 27,4мг%, K – 260,9мг%, Ca – 66,5мг%, Mg – 49,6мг%, P – 71,7мг%, Fe – 1,57мг%; вміст β -каротину – 20,8мг%, вітаміну С – 18,3мг%, вітаміну РР – 1,3мг%. Кріопаста з моркви характеризується підвищеним вмістом β -каротину порівняно із вихідною сировиною у 2,4 рази (у свіжій моркві вміст β -каротину складає 9,0мг%). Розробники пасти вважають, що під час «шокового» заморожування зі швидкістю 100° С/×60 с до температури -35...-40° С з використанням газоподібного азоту значна кількість

БАР моркви із зв’язаного з біополімерами стану переходить у вільний стан [209].

Для встановлення можливості використання нового збагачувача в технології безбілкового хліба проводили пробні лабораторні випікання з додавання кріопасті з моркви в кількості 5,0...20,0% до маси крохмалю. Після розморожування кріопасті і її темперування до температури 30...32° С її додавали у суспензію дріжджів та вносили в суміш сухих компонентів і замішували тісто до однорідної консистенції. В кінці додавали олію в кількості 5% до маси крохмалю. Тісто замішували вологістю 50%. Контрольним зразком був хліб без кріопасті. Оцінювали нові вироби за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Показники якості безбілкового хліба за різної кількості кріопасті з моркви

Показники	Контроль	Кількість кріопасті, % до маси крохмалю			
		5,0	10,0	15,0	20,0
Питомий об’єм хліба, см³/г	2,43±0,12	2,42±0,02	2,44±0,04	2,43±0,08	2,41±0,09
Пористість, %	65,60±1,5	65,3±0,21	65,8±0,23	64,5±0,13	64,3±0,08
Зовнішній вигляд: форма	Відповідає формі, в якій проводилось випікання, без бокових впливів				
поверхня	Відповідає виду виробу, без забруднення, наявні невеликі тріщини на поверхні				
Стан м’якушки: пропеченість	Пропечена, еластична, не волога на дотик				
пористість	Без пустот, наявні дрібні та великі рівномірні пори				
колір	Білий з жовтуватим відтінком	Жовтий	Жовтий	Світло-помаранчевий	Помаранчевий
Смак	Притаманний даному виду виробів, без стороннього присмаку			Притаманний даному виду виробів, злегка морквяний присмак	Притаманний даному виду виробів, виражений морквяний присмак
Запах	Власний даному виду виробів, приємний, без стороннього запаху			Морквяний	Морквяний

Як видно з табл. 4.3, при додаванні кріопасті з моркви змінюється колір скоринки та м’якушки хліба, він набуває приємного жовто-помаранчевого кольору. При додаванні кріопасті в кількості не більше 10% хліб має приємний жовтий колір, покращується його питомий об’єм та пористість. Це свідчить про позитивний вплив кріопасті на процеси бродіння і структуроутворення у

безбілковому тісті. Але, за кількості кріопасті більше 10% колір стає помаранчевим і з'являється присмак моркви.

Крім того, за кількості кріопасті 15% і більше знижується питомий об'єм хліба і зменшується його пористість. Тому, за цими показниками сприйнятливою для безбілкового хліба може бути кількість кріопасті 10% до маси крохмалю.

Існують дані, що овочеві добавки впливають на структурно-механічні властивості тіста, покращуючи його водопоглинальну здатність та еластичність [210]. Позитивний вплив кріопасті на структуроутворення безбілкового тіста оцінювали за показником розпливання кульки тіста (рис. 4.11).

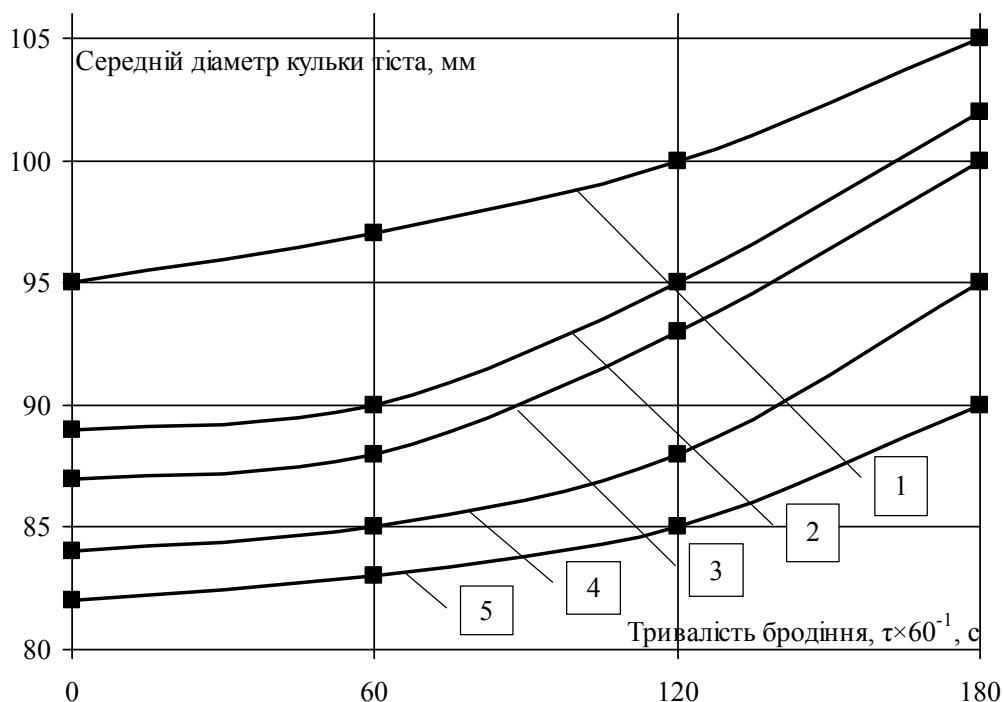


Рисунок 4.11 – Залежність показника розпливання кульки тіста в процесі бродіння від додавання кріопасті з моркви в кількості, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20

З рис. 4.11 видно, що в процесі відлежування діаметр кульки всіх досліджених зразків тіста збільшується. Проте, при додаванні кріопасті відбувається зменшення показника розпливання кульок безбілкового тіста. Так, через 180×60 с відлежування діаметр кульок тіста при додаванні кріопасті з моркви в кількості 5% до маси крохмалю знижується на 2,9% порівняно із контролем, в кількості 10% – на 5,0%, в кількості 15% – на 10,5% та в кількості 20% – на 16,7%. Тобто відбувається структурування тістової системи. Це є, напевно, результатом взаємодії біополімерів паст з біополімерами тіста. За рахунок цих взаємодій, зазвичай, підвищується в'язкість, еластичність та формоутримувальна здатність тіста.

Позитивний вплив кріопасті на процеси бродіння безбілкового дріжджового тіста оцінювали за показником питомого об'єму тіста з різним вмістом кріопасті. Результати досліджень наведені на рис. 4.12.

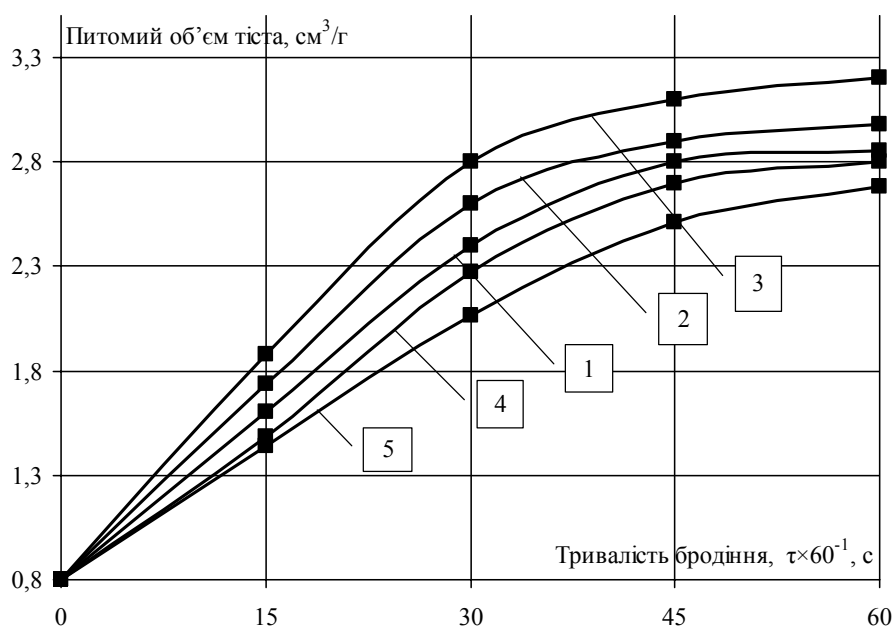


Рисунок 4.12 – Зміна питомого об'єму безбілкового тіста в процесі бродіння за різної кількості кріопасті з моркви, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20

З рис. 4.12 видно, що протягом 60×60 с бродіння відбувається збільшення питомого об'єму тіста, що свідчить про протікання процесів газоутворення і газотримання в безбілковому тісті. Слід зазначити, що бродіння тіста більше 60×60 с не приводило до зміни питомого об'єму.

Додавання кріопасті з моркви в кількості 5% призводило до збільшення показника питомого об'єму на 4,5%, з додаванням 10% кріопасті – на 12,3% порівняно з контролем через 60×60 с бродіння. Але додавання кріопасті з моркви в кількості 15% призводило до зменшення показника питомого об'єму на 1,8%, з додаванням кріопасті в кількості 20% – на 6,3% порівняно з контролем.

Можна сказати, що додавання морквяної кріопасті в кількостях до 10% позитивно впливає на структурно-механічні властивості безбілкового тіста, підвищує газотримуючі та газоутворюючі властивості безбілкового тіста, а 15% і більше – призводить до того, що тісто стає «важким», «грузлим», гірше піднімається в процесі бродіння.

Оскільки, добавки з рослинної сировини можуть впливати також на процес черствіння [211], вважали за доцільне дослідити вплив кріопасті з моркви на зміну показників збереженості безбілкового хліба.

Збереженість безбілкового хліба досліджували за показниками усихання і кришкуватості в процесі зберігання протягом 36×3600 с. Отримані дані наведені на рис. 4.13 та 4.14.

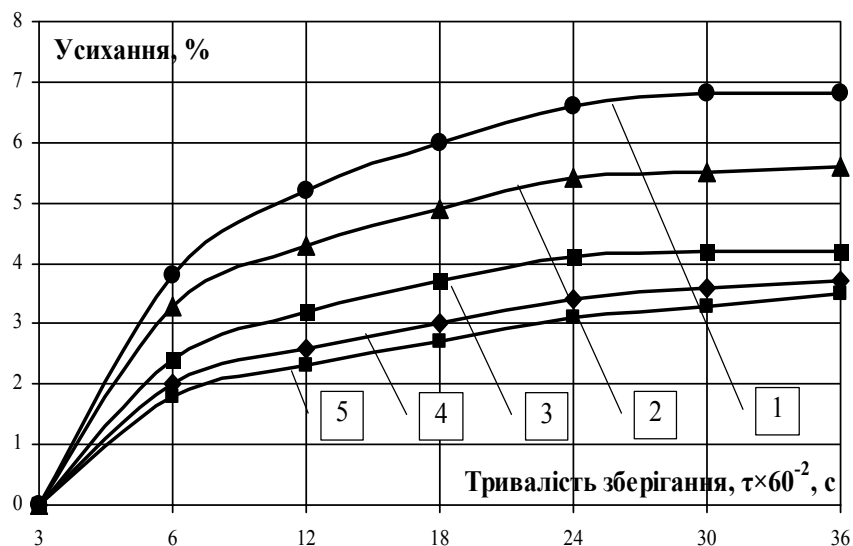


Рисунок 4.13 – Зміна показника усихання безбілкового хліба в процесі зберігання за різної кількості кріопасті з моркви, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20

З рис. 4.13 видно, що в процесі зберігання показник усихання безбілкового хліба підвищується. Найбільш інтенсивно відбувається усихання хліба у контрольному зразку без добавки. Протягом 36×3600 с зберігання усихання в хлібі без добавки досягло значення 6,8%. Але, уже за кількості кріопасті 5% усихання зменшується до 5,6%, а за кількості 20% – до 3,5%.

Отже, додавання кріопасті з моркви сприяє подовженню свіжості хліба. Деякі дослідники [210] вважають, що при додаванні овочевих добавок підвищується вологоємність нативного та оклейстеризованого крохмалю та підвищується його набрякання у випечених виробах. Крохмальні зерна з овочевими добавками підлягають меншій деструкції під час випікання, ніж у зразках без добавок, що пов'язано з утворенням комплексних сполук між полісахаридами моркви і крохмалем. Крім того, утворення комплексних сполук між крохмалем та пектиновими речовинами або полісахаридами клітинних стінок моркви перешкоджає агрегації амілози під час процесу ретроградації [210].

Результати досліджень кришкуватості безбілкового хліба з кріопастою з моркви (рис. 4.14) свідчать, що в процесі зберігання хліба цей показник тим менший, чим більше кріопасті.

Так, через 36×3600 с зберігання для зразка з кількістю 5% кріопасті кришкуватість зменшується на 14,3% порівняно з контролем, а для зразка з кількістю 20% – на 45,0%. Скоріше за все, здатність кріопасті знижувати кришкуватість хліба може бути пов'язана з утворенням комплексних сполук між крохмалем та пектиновими речовинами або полісахаридами клітинних стінок моркви, що перешкоджає агрегації амілози під час процесу ретроградації та утворенню прошарків між крохмальними зернами та ксантаном, який відіграє основну роль у формуванні каркасу безбілкового тіста.

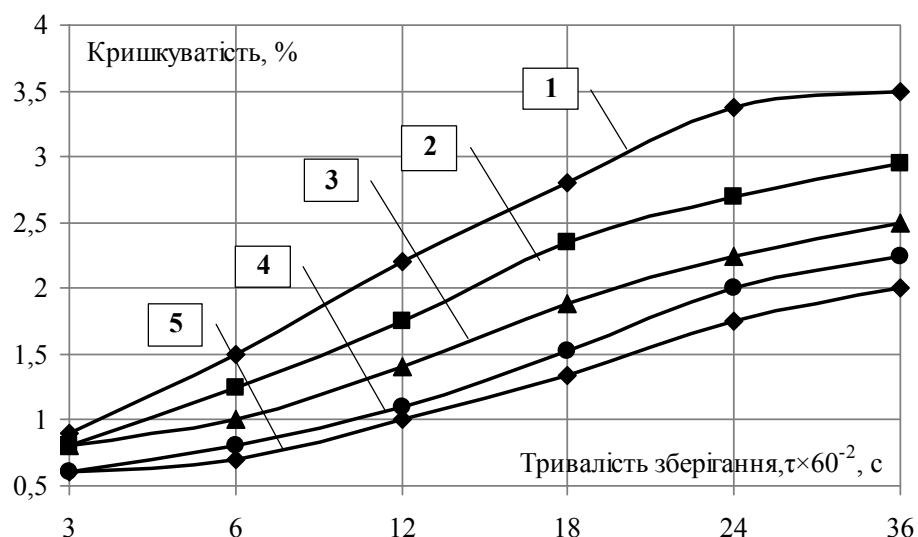


Рисунок 4.14 – Зміна показника кришкуватості безбілкового хліба в процесі зберігання за різної кількості кріопасті з моркви, % до маси крохмалю: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20

Значення показників усихання і кришкуватості безбілкового хліба з кількістю кріопасті 10% через 36×3600 с зберігання знаходяться на такому ж рівні, як і у хлібі із збільшеною кількістю олії (рис. 4.5, 4.6). Це дає підстави стверджувати, що безбілковий хліб збагачений кріопастою з моркви в кількості 10% до маси крохмалю також може мати гарантійний термін зберігання 36×3600 с.

Вище сказане дає підстави стверджувати, що додавання кріопасті доцільно не тільки для покращення органолептичних і фізико-хімічних показників якості безбілкового хліба, але і для збільшення термінів зберігання безбілкового хліба.

При додаванні кріопасті покращується харчова цінність хліба. Так, при додаванні 10% кріопасті до маси крохмалю вміст загальних вуглеводів у хлібі збільшується на 0,53 г, в т.ч. моно- і дисахаридів – 0,41 г, вміст клітковини – 0,09 г; вміст мінеральних речовин – 0,08 г, в т.ч. Na – 1,59 мг, K – 15,29 мг, Ca – 3,88 мг, Mg – 2,88 мг, P – 4,24 мг, Fe – 0,12 мг; вміст β-каротину – 1,22 мг, вітаміну C – 1,06 мг, вітаміну PP – 0,06 мг. Кількість β-каротину у хлібі було встановлено експериментальним методом.

У безбілковій дієті β-каротин не обмежується, тому можна припустити, що норма вживання β-каротину є такою ж, як і для здорових дітей (табл. 4.4). Тоді можна розрахувати відсоток забезпечення добової потреби у β-каротині при вживанні 100 г безбілкового хліба, збагаченого кріопастою з моркви (інтегральний скор).

Розрахувавши інтегральний скор, можна зробити висновок, що при вживанні 100 г хліба дітьми різного віку і статі потреба у β-каротині буде забезпечуватися на 61,0...94,1%.

Розрахунок інтегрального скору завжди є важливим при розробці нових продуктів, зокрема, спеціального призначення, і отримані дані інтегрального

скору дають підстави вважати, що збагачені вироби можуть бути ефективним джерелом каротину для організму дитини.

Таблиця 4.4 – Розрахунок інтегрального скору за β -каротином

Вік дітей, років	Добова потреба у β -каротині, мг	Інтегральний скор, %
6	1,3	94,1
7...10	1,4	87,1
11...13 (хлопчики)	2,0	61,0
11...13 (дівчата)	1,6	76,3
14...17 (юнаки, дівчата)	2,0	61,0

Таким чином, проведені дослідження показали, що при додаванні кріопасти з моркви до складу нового дієтичного безбілкового хліба в кількості 10% до маси крохмалю покращуються органолептичні показники якості нового виробу, подовжується тривалість збереження хлібом свіжості до 36×3600 с, а також підвищується його харчова цінність, перш за все, за рахунок збагачення β -каротином.

ГЛАВА 5

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ СПЕЦІАЛЬНОГО БЕЗБІЛКОВОГО ХЛІБА ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБОК

На основі теоретичних, експериментальних даних, а також результатів оптимізації розроблено нову технологію спеціального безбілкового хліба на основі запропонованої композитної суміші «борошно безбілкове». На підставі проведених досліджень був обґрунтовано рецептурні компоненти та їх співвідношення для створення безбілкового тіста з покращеними структурно-механічними властивостями, а також встановлені параметри основних стадій технологічного процесу виробництва нового безбілкового хліба. Крім того, досліджено збереженість хлібом свіжості та можливість підвищення його харчової цінності. Узагальнення отриманих результатів дає підстави для розроблення рецептур і технологій нових видів спеціального безбілкового хліба, які за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості перевищують існуючі в Україні аналоги.

5.1 Розробка рецептур, технологічної та апаратурної схем виробництва нових видів безбілкового хліба

Проведені дослідження (глави 2...4) були використані під час розроблення рецептур і технологій нових видів безбілкового хліба для гіпопротеїнових дієт на основі нової запропонованої композитної суміші «борошно безбілкове». Співвідношення компонентів у борошняній суміші складає: крохмаль кукурудзяний, борошно житнє, ксантанова камедь як 100 : 5 : 0,3. За результатами досліджень були розроблені рецептури на хліб дієтичний безбілковий, хліб безбілковий «Селянський» та хліб безбілковий «Морквяний».

Уніфіковану рецептуру хліба безбілкового наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Уніфікована рецептура хліба дієтичного безбілкового

Найменування сировини	Витрати сировини
Крохмаль кукурудзяний сухий	100,0
Борошно житнє обдирне хлібопекарське	5,0
Дріжджі хлібопекарські сухі	0,8
Сіль кухонна	2,5
Цукор білий кристалічний	4,0
Олія соняшникова	5,0
Ксантанова камедь Е 415	0,3
Вода питна	за розрахунком

Технологічна схема виробництва хліба безбілкового представлена на рис. 5.1.

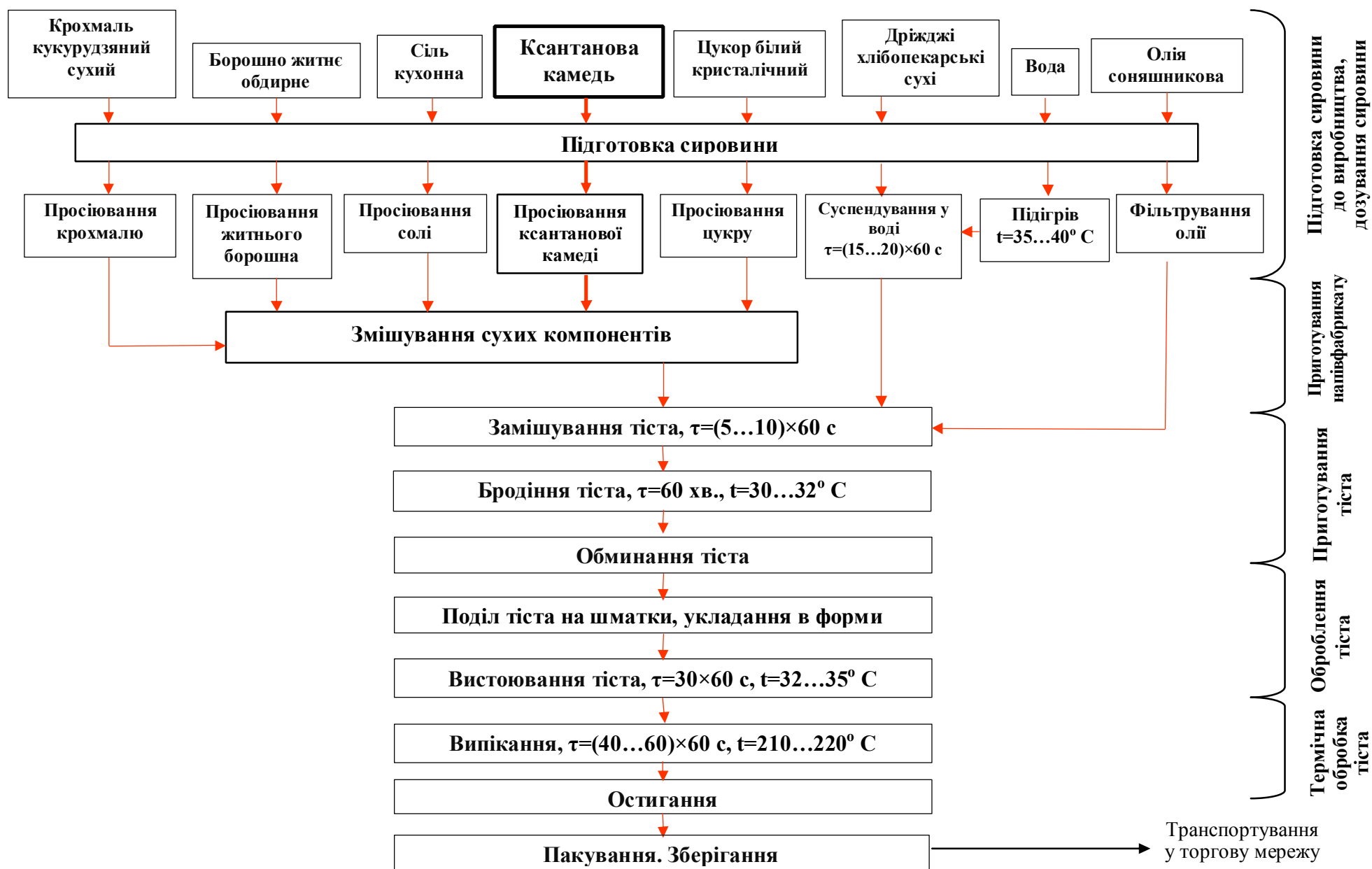


Рисунок 5.1 – Технологічна схема виробництва хліба дієтичного безбілкового

Технологія виробництва хліба безбілкового полягає в наступному: в діжі суспендують у воді з температурою 35...40° С сухі дріжджі і гідратують протягом (15...20)×60 с відповідно до рекомендацій виробника. В окремій ємкості готують суху суміш з крохмалю кукурудзяного, борошна житнього обдирного, солі кухонної, цукру білого кристалічного та ксантану. Приготовлену суміш додають у діжу та замішують тісто з готовою дріжджовою суспензією. В кінці замісу вносять соняшникову олію та заміс продовжують до отримання однорідної маси. Замішане тісто ставлять на бродіння протягом 60×60 с за температури 30...32° С. Протягом бродіння проводять обминання тіста. Виброджене тісто поділяють на шматки, укладають в форми, змащені рослинною олією. Форми з тістовими заготовками відправляють на вистоювання протягом 30×60 с за температури 30...35° С і відносній вологості повітря 75...85%.

Випікання хліба здійснюють протягом (40...60)×60 с за температури 210...220° С. На даний спосіб виробництва хліба було отримано патент на корисну модель № 48212 «Спосіб виробництва хліба зі зниженим вмістом білка» [212].

Нами було зроблено фотографії м'якушки хліба, випеченого з урахуванням розробленої рецептури і встановлених параметрів (рис. 5.1). Фотографії зроблені методом мікроскопіювання при збільшенні у 10 разів. Отримані дані (рис. 5.2) свідчать про схожість структури м'якушки отриманого хліба зі структурою м'якушки безклейковинного хліба, розробленого вченими [51].

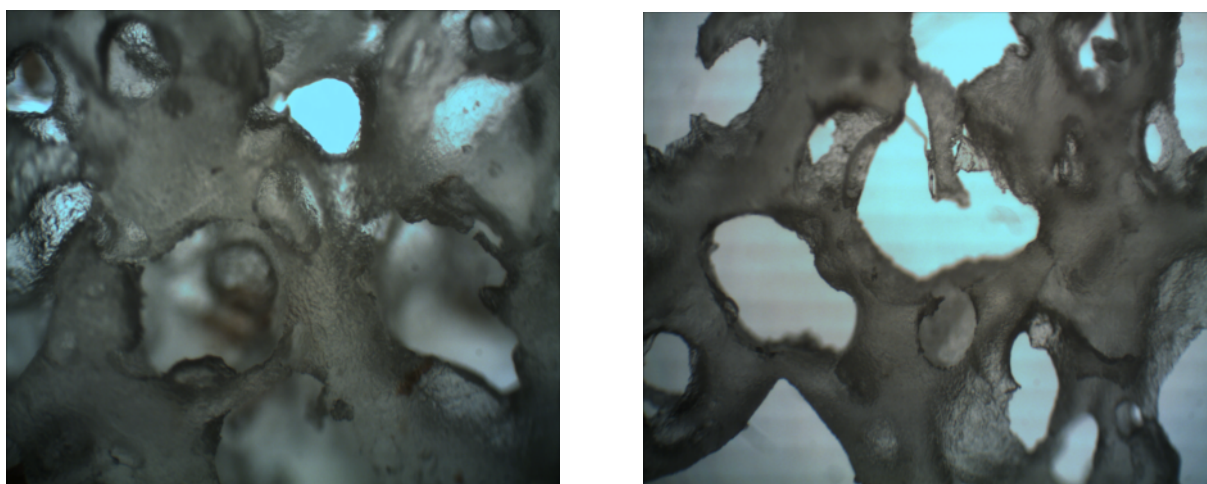


Рисунок 5.2 – Фотографії мікроструктури м'якушки безбілкового хліба при збільшенні у 10 разів

З рис. 5.2 видно, що хліб має розвинуту пористу структуру, пористість рівномірна середня. Пори рівномірно розподілені в об'ємі м'якушки безбілкового хліба. М'якушка представляє собою мережу плівок, утворених за рахунок взаємодії біополімерів хліба (структурних складових крохмалю, борошна житнього та ксантану).

Зовнішній вигляд хліба дієтичного безбілкового за розробленою рецептурою (табл. 5.1) і технологією (рис. 5.1) наведений на рис. 5.3.



Рисунок 5.3 – Зовнішній вигляд хліба дієтичного безбілкового

Рецептура РЦУ 00389676.4979:2010 та технологічна інструкція ТІУ 00389676.4979:2010 на виробництво хліба дієтичного безбілкового були затверджені у встановленому порядку Центральною галузевою дегустаційною комісією хлібопекарської промисловості “Укрхлібпрому”.

У главі 4 було обґрунтовано спосіб додавання олії в кількості 10% до маси крохмалю в суміш сухих компонентів. Новий розроблений виріб зі збільшеною кількістю олії одержав назву «Хліб безбілковий «Селянський», рецептура якого наведена в табл. 5.2. Крім того, він має подовжений термін зберігання до 36×3600 с.

Таблиця 5.2 – Уніфікована рецептура хліба безбілкового «Селянського»

Найменування сировини	Витрати сировини
Крохмаль кукурудзяний сухий	100,0
Борошно житнє обдирне хлібопекарське	5,0
Дріжджі хлібопекарські сухі	0,8
Сіль кухонна	2,5
Цукор білий кристалічний	4,0
Олія соняшникова	10,0
Ксантанова камедь E415	0,3
Вода питна	за розрахунком

Най цей спосіб отримано патент на корисну модель № 74619 «Спосіб виробництва спеціального дієтичного хліба зі зниженим вмістом білка». Суть способу полягає в тому, що готують суміш сухих компонентів рецептури з додаванням олії. Маса вимішується до однорідної консистенції, а потім додаються суспендовані у воді сухі дріжджі і замішується тісто. Технологічна схема виготовлення безбілкового хліба за новим способом наведена на рис. 5.4.

Слід зазначити, що при виготовленні хліба безбілкового, коли передбачається додавання олії в кількості 5% до маси крохмалю в кінці замісу тіста, також можна використовувати новий запропонований спосіб і додавати олію під час приготування суміші сухих компонентів.

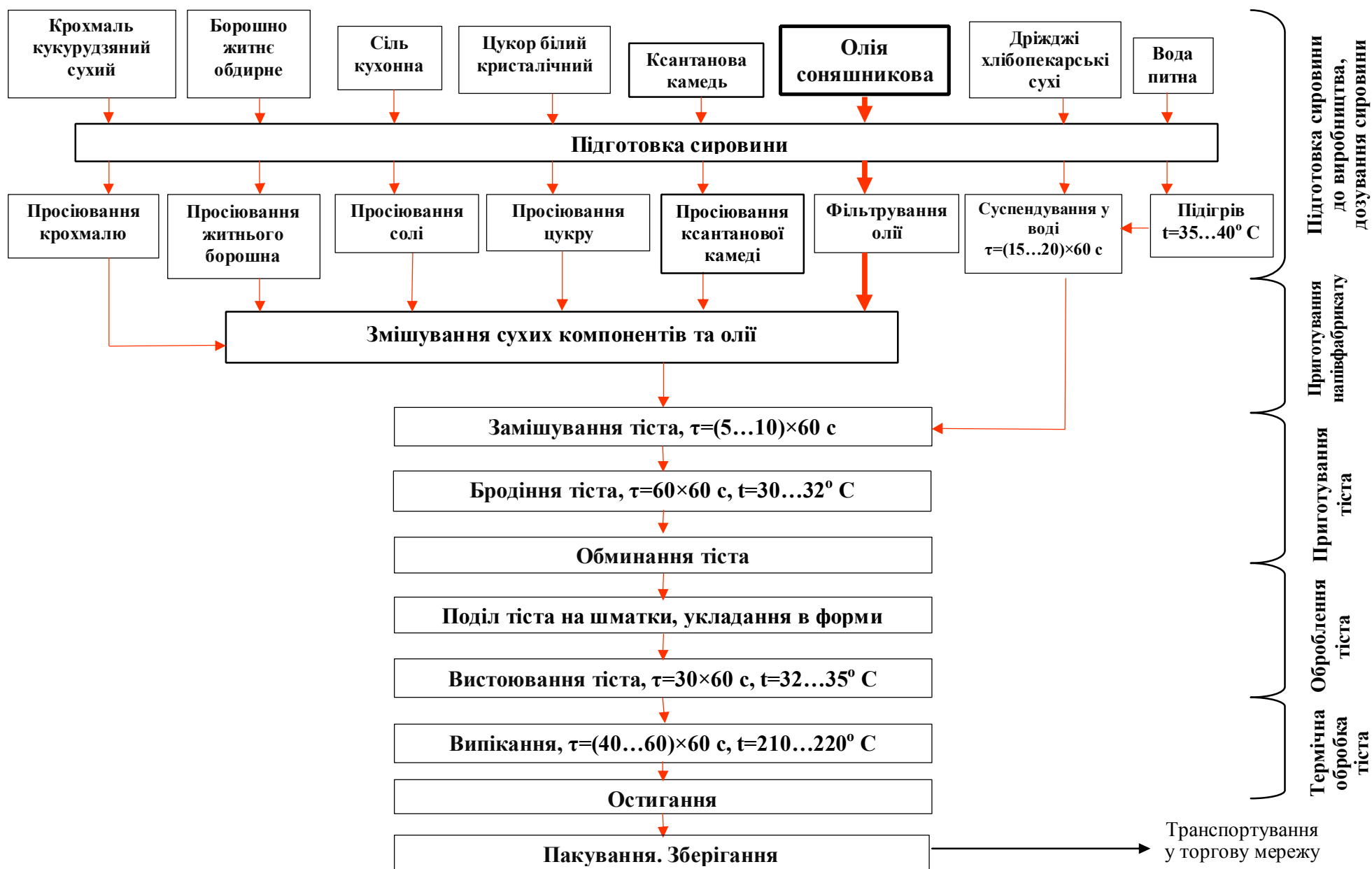


Рисунок 5.4 – Технологічна схема виробництва хліба безбілкового «Селянського»

У главі 4 було встановлено, що при внесенні кріопасті з моркви до складу нового спеціального безбілкового хліба в кількості 10% до маси крохмалю покращуються органолептичні показники якості нового виробу, подовжується тривалість збереження хлібом свіжості до 36×3600 с, а також підвищується його харчова цінність, перш за все, за рахунок збагачення β -каротином. Нами розроблено рецептуру хліба безбілкового «Морквяного» (табл. 5.3) та технологічну схему його одержання (рис. 5.5).

Таблиця 5.3 – Уніфікована рецептура хліба безбілкового «Морквяного»

Найменування сировини	Витрати сировини
Крохмаль кукурудзяний сухий	100,0
Борошно житнє обдирне хлібопекарське	5,0
Дріжджі хлібопекарські сухі	0,8
Сіль кухонна	2,5
Цукор білий кристалічний	4,0
Олія соняшникова	5,0
Ксантанова камедь E415	0,3
Кріопаста з моркви	10,0
Вода питна	за розрахунком

Відмінність розроблених технологій спеціального безбілкового хліба від технології виробу-аналогу хліба безбілкового безсольового полягає у використанні нової системи рецептурних компонентів «борошна безбілкового» з полісахаридвмісної рослинної сировини кукурудзяного крохмалю, борошна житнього і полісахариду мікробного походження – ксантанової камеді, а також природного каротиноїдного збагачувача з моркви у формі кріопасті. Крім того, розроблена технологія відрізняється тим, що жировий компонент вноситься у суміш сухих компонентів рецептури. Це дозволило розширити асортимент вітчизняних безбілкових виробів, покращити їх споживчі властивості, подовжити терміни зберігання та підвищити харчову цінність.

Слід зазначити, що за новою технологією тісто характеризується більшою в'язкістю, що дозволяє формувати його на тістоподільниках і, тим самим, покращити технологічність виробництва. Технологічні параметри приготування хліба було обґрунтовано та визначено експериментально у попередніх главах роботи.

Розроблено проект технічних умов «Спеціальний безбілковий хліб для харчування при фенілкетонурії», а також проект технологічної інструкції на виробництво хліба безбілкового «Селянського» та хліба безбілкового «Морквяного».

Апаратурно-технологічну схему виробництва розроблених видів хліба представлено на рис. 5.7.

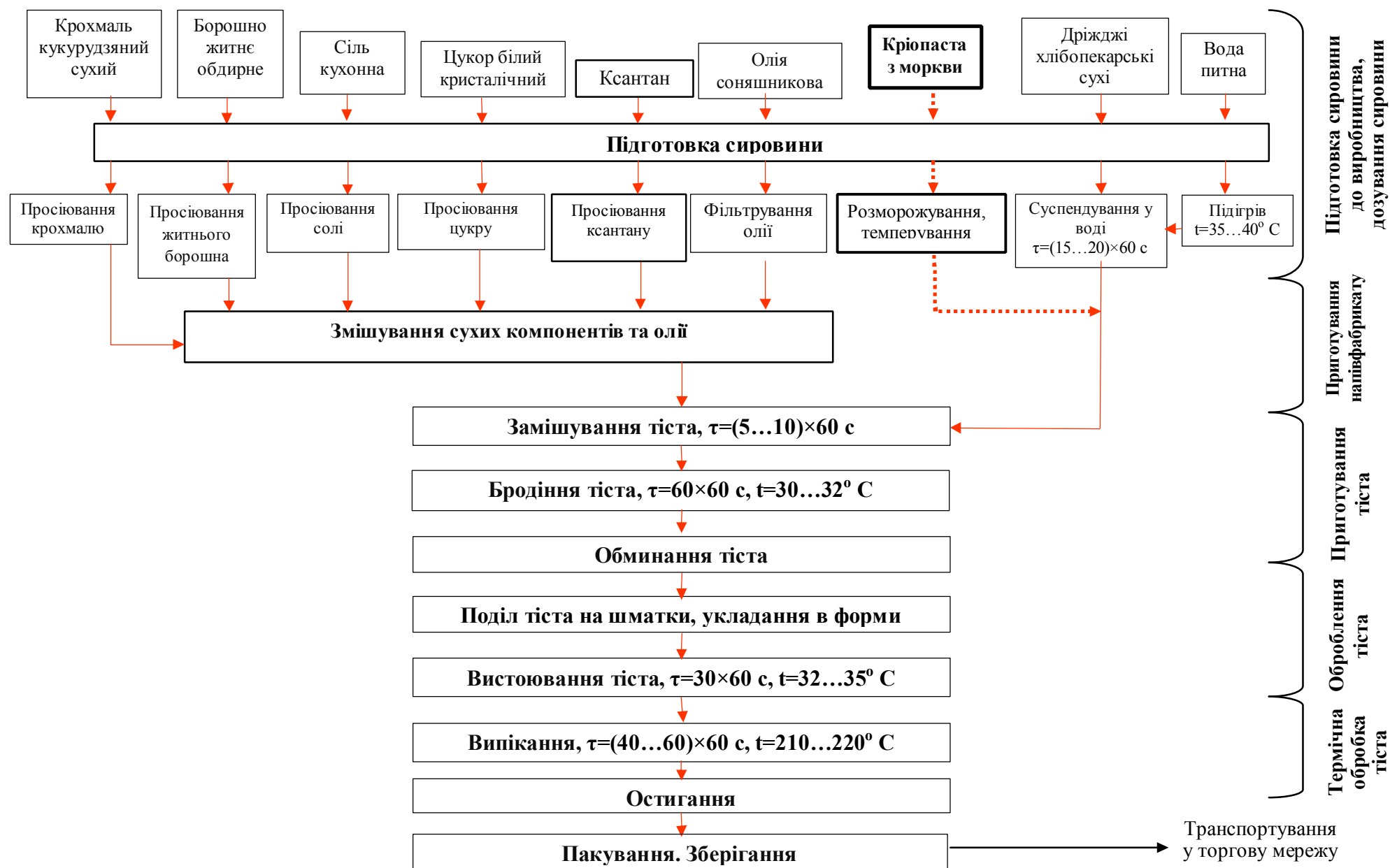


Рисунок 5.5 – Технологічна схема виробництва хліба безбілкового «Морквяного»

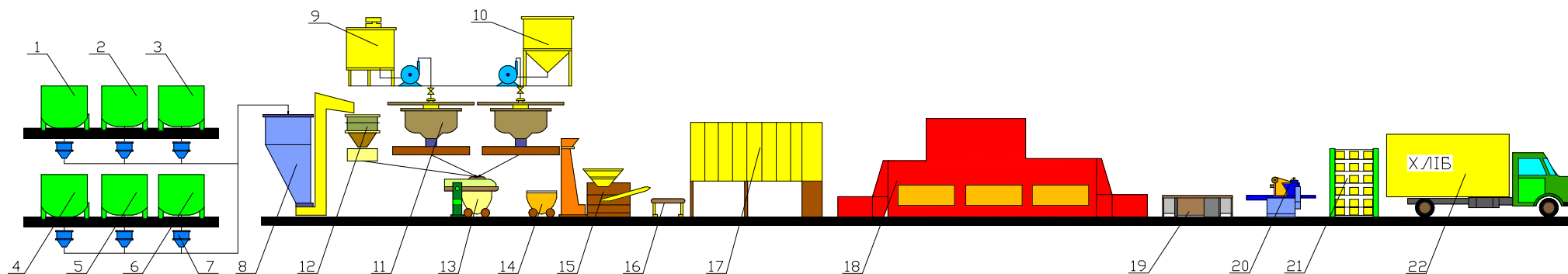


Рис. 5.7. Апаратурно-технологічна схема виробництва спеціального дієтичного хліба безбілкового

1-6 Ємності для зберігання сипучих продуктів
 7, 12 Автоматичні ваги
 8 Змішувач компонентів для сухої суміші
 9 Ємність для приготування дріжджової суспензії
 10 Ємність для зберігання олії рослинної
 11 Станція для дозування рідких компонентів
 13 Тістомісильна машина
 14 Діжа для бродіння

15 Тістоподільна машина
 16 Стіл для формування (укладання у форми)
 17 Вистоювальна шафа
 18 Піч
 19 Стіл для охолодження
 20 Пакувальна машина
 21 Контейнери
 22 Автохлібовоз

Підготовка сировини, яка використовується при виробництві безбілкового хліба, здійснюється згідно збірника технологічних інструкцій для виробництва хліба та хлібобулочних виробів [213].

Основна та додаткова попередньо підготовлена сипуча сировина (крохмаль кукурудзяний, борошно житнє обдирне, сіль кухонна, цукор білий кристалічний, ксантанова камедь) знаходиться у ємкостях для зберігання сипучих компонентів 1–6. В процесі приготування сипучі компоненти зважують через атоматичні ваги 7 та шляхом пневмотранспортування подають в змішувач компонентів для сухої суміші 8. Дріжджі суспендують у воді в ємкості 9 та подають на дозувальну станцію для рідких компонентів 11. Олію соняшникову фільтрують та зберігають у ємкості 10. У випадку використання кріопасті необхідно додаткову ємність і мірник.

Для замісу тіста суху суміш компонентів зважують на автовагах 12, яка потрапляє до тістомісильної машини 13. Дріжджова суспензія та олія соняшникова з ємкостей 9, 10 через станцію для дозування рідких компонентів 11 подається до тістомісильної машини. Діжу ставлять на бродіння (тривалість 60×60 с за температури 32° С). Виброджене тісто із діжі 14 направляється в тістоподільник 15, за допомогою якого отримуються порції тіста однакової маси. Тістові заготовки певної маси на столі для розділки 16 укладають у форми та направляють до вистоювальної шафи 17.

Вистоювання тістових заготовок проводиться протягом 30×60 с за температури 35° С при відносній вологості повітря 75...85%. Заготовки після вистоювання направляються до печі 18. Випікають вироби протягом (40...60) ×60 с за температури 210...220° С. Випечені вироби остигають на столі для охолодження 19 та подаються до пакувальної машини 20. Запаковані вироби укладальник завантажує до контейнерів 21; лотками з виробами завантажують автохлібовози 22.

5.2 Розрахунок харчової цінності нових видів безбілкового хліба

Нами проведено розрахунок харчової та енергетичної цінності хліба дієтичного безбілкового, хліба безбілкового «Селянського» та хліба безбілкового «Морквяного» (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Інформаційні дані про поживну (харчову) цінність та калорійність (енергетичну цінність) 100 г хліба

Найменування виробів	ФА, мг%	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал
Хліб дієтичний безбілковий	34,0	0,83	2,50	46,7	941 кДж (225 ккал)
Хліб безбілковий «Селянський»	32,8	0,80	5,0	44,4	995 кДж (238 ккал)
Хліб безбілковий «Морквяний»	33,6	0,82	2,8	46,4	949 кДж (227 ккал)

Особливо важливим показником для цієї групи виробів є вміст білка. Як показав огляд літератури, вміст білка може коливатися в межах 0,6...2,2% в перерахунку на СР [6, 35]. Вміст СР у розробленому хлібі складає $51 \pm 0,5\%$. Як видно з табл. 6.4, у всіх розроблених виробах вміст білка не перевищує 0,83%, що перерахунку на СР становить 1,63%, тобто не перевищує 2,2%.

Таблиця 5.5 – Амінокислотний склад білка в 100 г хліба безбілкового

Амінокислота	Кількість, г	%
Лізин	0,043	5,18
Валін	0,036	4,34
Треонін	0,041	4,94
Триптофан	0,008	0,96
Цистин	0,002	0,24
Метіонін	0,001	0,12
Ізолейцин	0,020	2,41
Лейцин	0,063	7,59
Тирозин	0,045	5,42
Фенілаланін	0,034	4,09
Гістидин	0,014	1,69
Аргінін	0,036	4,34
Аспарагінова кислота	0,084	10,12
Серин	0,079	9,52
Глутамінова кислота	0,183	22,05
Пролін	0,009	1,08
Гліцин	0,057	6,87
Аланін	0,075	9,04
Сума	0,830	100

Для дієтичного хліба, який вживається при ФКУ, важливо знати вміст ФА, оскільки вміст цієї амінокислоти, як і білка, повинен бути у раціонах з урахуванням рекомендацій лікаря щодо маси тіла дитини, стану здоров'я дитини, статі, віку. Вміст ФА в хлібі безбілковому визначали за амінокислотним складом білка, який встановлювали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії. Результати досліджень представлені в табл. 5.5.

З табл.5.5 видно, що вміст ФА складає 34 мг, що становить 4,09% до маси білка в хлібі. Порівнюючи вміст ФА в різних продуктах за даними [214] можна сказати, що такий рівень ФА характерний для таких низькобілкових продуктів, як помідори, кабачки, гарбузи, дині, айва, виноград, червона смородина, яблука. Слід зазначити, що не всі фрукти і ягоди характеризуються низьким вмістом ФА., наприклад, в ананасі міститься ФА 200 мг%, в цвітній капусті – 125 мг%, в листі петрушки – 165 мг%, в квасолі – 200 мг%, в часнику – 325 мг%, в ожині – 100 мг%.

Крім визначення вмісту білка і ФА у хлібі важливо було перевірити перетравлюваність цього дієтичного хліба ферментами шлунково-кишкового тракту людини. Нами проведено дослідження перетравлюваності для хліба безбілкового. Перетравлюваність визначали в умовах *in vitro*.

5.3 Перетравлюваність вуглеводів безбілкового хліба *in vitro*

Основним вуглеводом безбілкового хліба є крохмаль. Про його перетравлюваність можна судити за швидкістю ферментативного гідролізу в шлунково-кишковому тракті під дією ферментів амілолітичної дії. Біохімічна переробка продукту в шлунково-кишковому тракті представляє собою послідовне ступеневе ферментативне гідролітичне розщеплення високомолекулярних вуглеводів до простих речовин, здатних всмоктуватися організмом людини. У літературі немає відомостей про ступінь перетравлюваності вуглеводів безбілкового хліба.

Ферментативний гідроліз вуглеводів безбілкового хліба проводили в умовах *in vitro*. В організмі людини розщеплення крохмалю починається в ротовій порожнині та продовжується в дванадцятипалій кишці. Каталізатором виступає фермент α -амілаза слини (птіалін). При розщепленні крохмалю утворюються декстрини і в невеликій кількості – мальтоза. В дванадцятипалій кишці відбувається найбільш інтенсивне перетравлювання крохмалю до мальтози за участю α -амілази соку підшлункової залози (панкреатину), адже в дванадцятипалій кишці середовище є нейтральним і оптимальним для максимальної активності α -амілази панкреатинного соку. Утворена мальтоза гідролізується за участю ферменту мальтази з утворенням двох молекул глюкози, які всмоктуються організмом у тонкому кишечнику людини [215].

Методика, що була використана авторами [216] і нами, наближено відтворює умови функціонування певних органів в організмі людини та дає можливість визначити динаміку накопичення цукрів при дії на продукт амілолітичних ферментів. Про інтенсивність ферментативного гідролізу вуглеводів хліба судили за приростом вмісту редуруючих цукрів у витяжці з м'якушки хліба. Кількість накопичених в процесі гідролізу цукрів визначали йодометричним напівмікрометодом. В якості контролю використовували хліб з пшеничного борошна вищого сорту.



Рисунок 5.8 – Перетравлюваність *in vitro* вуглеводів хліба:
1 – традиційного з пшеничного борошна (контроль); 2 – безбілкового хліба

Встановлено (рис. 5.8), що швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів безбілкового хліба є майже в 2 рази нижчою порівняно зі швидкістю трансформації вуглеводів хліба контрольного зразка хліба. Так, через 180×60 с гідролізу безбілкового хліба накопичується 5,3% редукуючих цукрів, а традиційного пшеничного хліба – 10,6%.

Із рис. 5.8 видно, що протягом перших 45×60 с гідролізу швидкість накопичення редукуючих цукрів є практично такою ж, як і для безбілкового хліба. Проте, після 90×60 с гідролізу при рН=8,2 накопичення редукуючих цукрів у субстратах із зразками традиційного хліба проходить значно інтенсивніше.

Таким чином, вуглеводи безбілкового хліба перетравлюються повільніше, ніж вуглеводи хліба з пшеничного борошна, що є позитивним у безбілковій дієті, оскільки знижується вуглеводне навантаження на організм. Цей ефект досягається використанням кукурудзяного крохмалю, який, як відомо, більш стійкий до дії ферментів і гірше перетравлюється під дією харчотравних соків людини. Тому, саме цей крохмаль використовується для створення безбілкової продукції [4, 17, 30, 35].

На завершальному етапі розробки безбілкового хліба важливо було оцінити його якість в цілому за інтегральним показником.

5.4 Інтегральна оцінка якості нових видів безбілкового хліба

Для встановлення основних кількісних параметрів властивостей нових безбілкових виробів вважали за необхідне проведення порівняльної інтегральної оцінки якості розроблених виробів з існуючим аналогом з використанням методик, розповсюджених в кваліметрії [217...221]. В якості контролю було використано хліб безбілковий безсольовий (табл. 1.8), виготовлений згідно збірника рецептур та технологічних інструкцій по приготуванню дієтичних сортів хлібобулочних виробів [111].

Інтегральну оцінку якості проводили для хліба безбілкового, хліба безбілкового «Селянського» та хліба безбілкового «Морквяного». Під час визначення інтегральної оцінки якості нових видів хліба враховували значення комплексного показника якості та показника економічної ефективності від впровадження виробів.

Комплексний показник якості визначали як функцію оцінок одиничних показників якості продукції:

$$K_0 = f(K_1, K_2, K_3, \dots, K_n), \quad (5.1)$$

а з урахуванням вагомості окремих показників математична модель комплексного показника мала вигляд:

$$K_0 = f(M_i \cdot K_i), \quad (5.2)$$

де M_i – коефіцієнт вагомості одиничних показників;

K_i – оцінки цих показників.

Алгоритм проведення комплексної оцінки якості K_0 включав 7 етапів.

1 етап. Побудова «дерева властивостей» об'єкта.

На першому етапі виділяли групи властивостей дієтичного безбілкового хліба, необхідні і достатні для оцінки його якості за допомогою «дерева властивостей» (рис. 5.9).

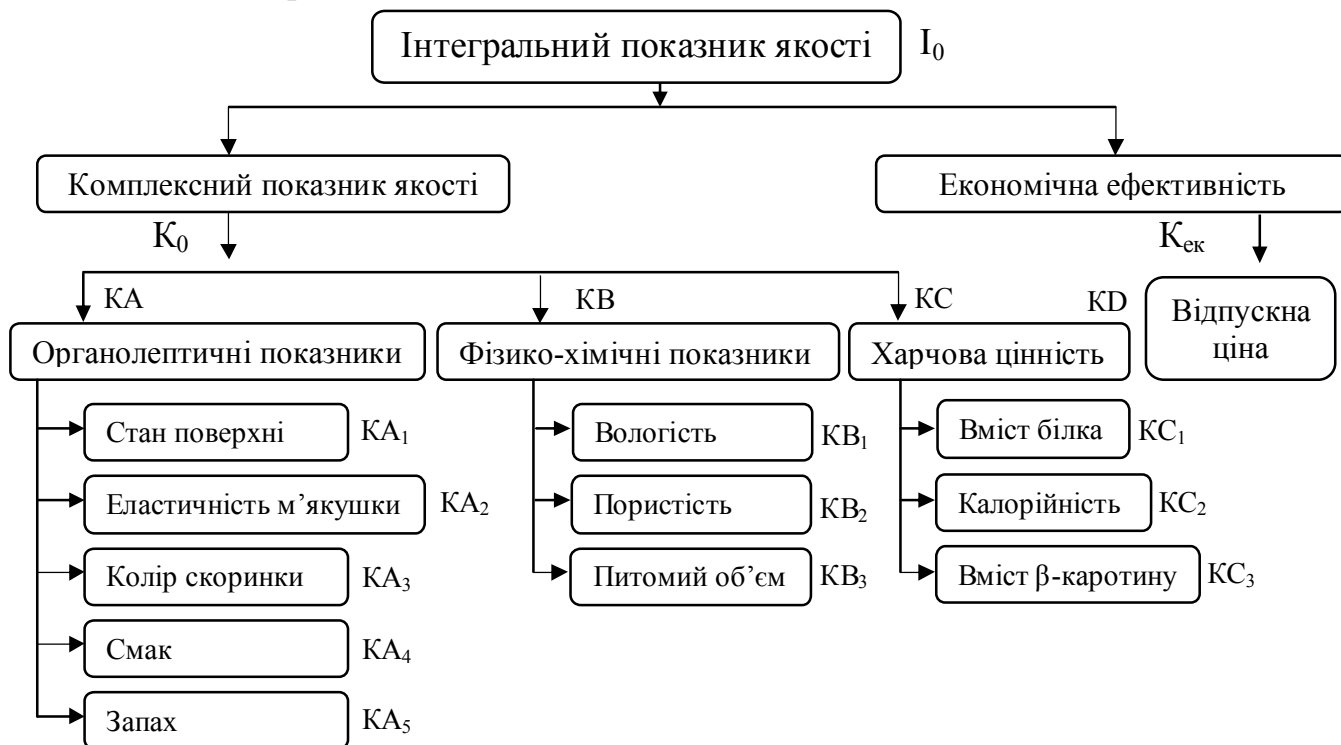


Рисунок 5.9 – Схематичне зображення «дерева властивостей» дієтичного безбілкового хліба за групами властивостей

2 етап. а) призначення інтервалу зміни значень орґанолептичних показників K_i
б) вибір базових показників $K_{i_{\text{баз}}}$.

Призначали інтервал зміни значень орґанолептичних показників K_i в межах від 0 до 50 балів, а саме: 0...19 балів – дуже погано; 20...29 балів – погано; 30...39 балів – задовільно; 40...44 балів – добре; 45...50 балів – дуже добре.

В якості базових показників ($K_{i_{\text{баз}}}$) розглядали ті показники, які за даними нормативної документації (ДСТУ 4588:2006, ГОСТ 25832-89) є оптимальними, або найбільш важливі і найбільш поширені для оцінки якості аналогічної продукції (якщо не зустрічаються в нормативній документації).

Було обрано в якості базових показників ($K_{i_{\text{баз}}}$) значення вологості м'якушки – 49,0%, значення пористості м'якушки – 72,0%, значення питомого об'єму хліба – 2,48 см³/г, вміст білка – 1,40%, калорійність – 238,0 ккал, вміст β-каротину – 1,15 мг%.

3 етап. а) вибір шкали розмірності оцінок орґанолептичних показників якості (для переведення абсолютних значень у відносні);
б) визначення відносних показників якості q_i .

В якості шкали розмірності для переведення абсолютних значень орґанолептичних показників якості у відносні значення обрали графік функції

бажаності Харрінгтона [222], який виражає залежність між безрозмірним відносним показником та оцінкою якості. На безрозмірній шкалі використовується 5 інтервалів у загальному інтервалі шкали від 1 до 0:

- 1,00...0,81 – дуже добре;
- 0,80...0,64 – добре;
- 0,63...0,37 – задовільно;
- 0,36...0,20 – погано;
- 0,19...0,00 – дуже погано.

З використанням функції бажаності Харрінгтона були розраховані відносні показники якості органолептичних властивостей зразків безбілкового хліба, які наведено в табл. 5.6.

4 етап. Переведення абсолютних значень окремих властивостей хліба K_i у відносні значення q_i .

Переведення абсолютних значень фізико-хімічних показників якості, харчової цінності хліба (табл. 5.7), а також економічної ефективності у відносні значення здійснювали за формулами:

$$q_i = K_i / K_{i \text{ баз}} \quad (5.3)$$

або

$$q_i = K_{i \text{ баз}} / K_i \quad (5.4)$$

де K_i – значення i -го показника ($i = 1, 2, 3 \dots n$) якості продукції, що оцінюється;

q_i – відносне значення показника якості;

$K_{i \text{ баз}}$ – базове значення i -го показника.

Формулу (5.3) використовували, коли зниження значення показника K_i призводить до зниження якості продукції, а формулу (5.4) – коли підвищення показника K_i призводить до зниження якості продукції.

Після знаходження відносних оцінок за всіма групами, що входять до комплексного показника якості, було побудовано профілографи органолептичних показників якості (рис. 5.10), а також фізико-хімічних показників якості і харчової цінності (рис. 5.11) досліджених безбілкових виробів.

Таблиця 5.6 – Абсолютні та відносні значення органолептичних показників якості безбілкових виробів

Найменування групи властивостей та показників якості	Кодові значення (K _i)	Абсолютні показники якості				Кодові значення (q _i)	Відносні показники якості			
		Хліб безбілковий безсольовий (контроль)	Хліб дієтичний безбілковий	Хліб безбілковий «Селянський»	Хліб безбілковий «Морквяний»		Хліб безбілковий безсольовий (контроль)	Хліб дієтичний безбілковий	Хліб безбілковий «Селянський»	Хліб безбілковий «Морквяний»
Стан поверхні, бал	KA ₁	45	48	49	49	q _{a1}	0,89	0,96	0,98	0,98
Еластичність м'якушки, бал	KA ₂	47	48	49	49	q _{a2}	0,94	0,96	0,98	0,98
Колір скоринки, бал	KA ₃	46	47	48	50	q _{a3}	0,92	0,94	0,96	1,00
Смак, бал	KA ₄	44	49	49	49	q _{a4}	0,87	0,98	0,98	0,98
Запах, бал	KA ₅	48	49	49	49	q _{a5}	0,96	0,98	0,98	0,98

Таблиця 5.7 – Абсолютні та відносні значення фізико-хімічних показників якості та харчової цінності безбілкових виробів

Найменування групи властивостей та показників якості	Кодові значення (K _i)	Абсолютні показники якості				Кодові значення (q _i)	Відносні показники якості			
		Хліб безбілковий безсольовий (контроль)	Хліб дієтичний безбілковий	Хліб безбілковий «Селянський»	Хліб безбілковий «Морквяний»		Хліб безбілковий безсольовий (контроль)	Хліб дієтичний безбілковий	Хліб безбілковий «Селянський»	Хліб безбілковий «Морквяний»
Фізико-хімічні показники (KB)										
Вологість, %	KB ₁	45,0	49,0	49,0	49,0	q _{b1}	0,92	1,00	1,00	1,00
Пористість, %	KB ₂	60,0	65,8	65,0	65,6	q _{b2}	0,83	0,91	0,92	0,93
Питомий об’єм, см ³ /г	KB ₃	2,35	2,43	2,45	2,44	q _{b3}	0,95	0,98	0,99	1,00
Харчова цінність (КС)										
Вміст білка, %	КС ₁	1,40	1,63	1,57	1,61	q _{c1}	1,00	0,96	1,00	0,98
Калорійність, ккал	КС ₂	221,3	225,0	238,0	227,0	q _{c2}	0,93	0,95	1,00	0,95
Вміст β-каротину, мг%	КС ₃	—	—	—	1,15	q _{c3}	—	—	—	1,00

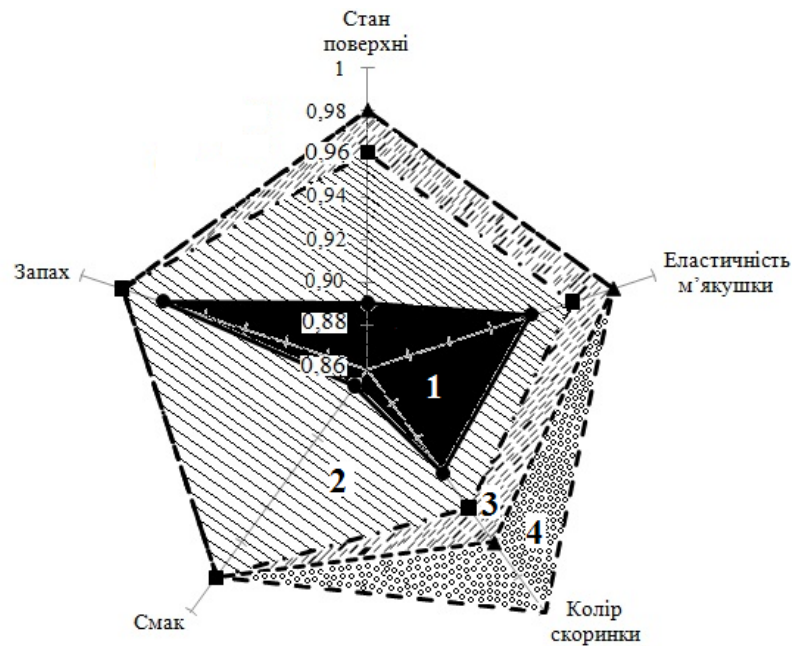


Рисунок 5.10 – Профілограми органолептичних показників якості зразків безбілкового хліба: 1 – хліба безбілкового безсольового (контроль); 2 – хліба дієтичного безбілкового; 3 – хліба безбілкового «Селянського»; 4 – хліба безбілкового «Морквяного»

Із рис. 5.10 видно, що за органолептичними показниками якості хліб безбілковий безсольовий поступається новим розробленим видам хліба. Крім того, з рисунку видно, що хліб безбілковий «Селянський» та хліб безбілковий «Морквяний» мають покращену якість порівняно із хлібом дієтичним безбілковим.

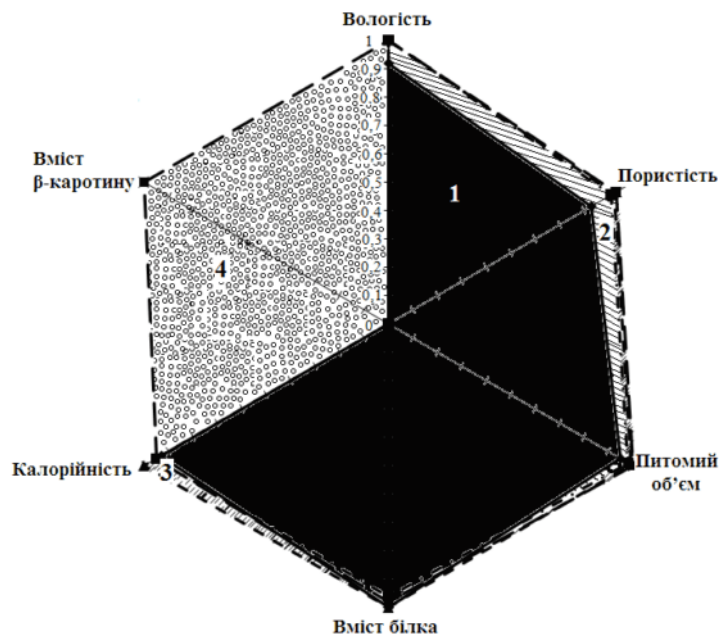


Рисунок 5.11 – Профілограми фізико-хімічних показників якості і харчової цінності зразків безбілкового хліба: 1 – хліба безбілкового безсольового (контроль); 2 – хліба дієтичного безбілкового; 3 – хліба безбілкового «Селянського»; 4 – хліба безбілкового «Морквяного»

Із рис. 5.11 видно, що за харчовою цінністю хліб безбілковий «Морквяний» і хліб безбілковий «Селянський» перевищують якість хліба дієтичного безбілкового. Крім того, хліб безбілковий «Морквяний» за вмістом β -каротину перевищує всі досліджені зразки хліба, а хліб безбілковий «Селянський» – за калорійністю. За фізико-хімічними показниками якості (вологістю, пористістю, питомим об'ємом) нові види хліба перевищують якість контрольного зразка – хліба безбілкового безсольового. Отже, нові види хліба будуть конкурентноспроможними на ринку збуту порівняно із існуючим продуктом.

5 етап. Визначення способу знаходження коефіцієнтів вагомості.

Для знаходження міжгрупових (M_A, M_B, M_C, M_D) та внутрішньогрупових (m_{ai}, m_{bi}, m_{ci}) коефіцієнтів вагомості використано експертний метод.

Дані експертної оцінки оброблено за допомогою формул:

$$\overline{M}_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^n M_{ij}, \quad (5.5)$$

де n – число показників якості продукції;

N – число експертів;

M_{ij} – параметри вагомості i -го показника, надані j -м експертом;

$$M_j = \frac{\overline{M}_i}{\sum_{i=1}^n \overline{M}_i}, \quad (5.6)$$

де M_i – нормований коефіцієнт вагомості.

Необхідною умовою є виконання рівності: $\sum_{i=1}^n M_i = 1$.

Визначили внутрішньогрупові коефіцієнти вагомості показників якості досліджених зразків хліба за групами властивостей (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Внутрішньогрупові коефіцієнти вагомості показників якості

Для властивостей групи А	$m_{a1} = 0,25$	$m_{a2} = 0,23$	$m_{a3} = 0,21$	$m_{a4} = 0,19$	$m_{a5} = 0,12$
Для властивостей групи В	$m_{b1} = 0,20$	$m_{b2} = 0,40$	$m_{b3} = 0,40$		
Для властивостей групи С	$m_{c1} = 0,60$	$m_{c2} = 0,25$	$m_{c3} = 0,15$		

6 етап. Вибір методу поєднання оцінок якості окремих властивостей K_i та відносних показників q_i для отримання комплексної оцінки якості K_0 .

З цією метою приймали адитивну модель комплексної оцінки у вигляді середнього арифметичного показника:

$$K_0 = M_i \cdot K_i, \quad (5.7)$$

Тоді для групи властивостей А: $K_a = m_{a1} \cdot q_{a1} + m_{a2} \cdot q_{a2} + m_{a3} \cdot q_{a3} + m_{a4} \cdot q_{a4} + m_{a5} \cdot q_{a5}$
 для групи властивостей В: $K_b = m_{b1} \cdot q_{b1} + m_{b2} \cdot q_{b2} + m_{b3} \cdot q_{b3}$
 для групи властивостей С: $K_c = m_{c1} \cdot q_{c1} + m_{c2} \cdot q_{c2} + m_{c3} \cdot q_{c3}$

Моделі якості досліджуваних зразків безбілкового хліба з урахуванням групових комплексних показників представлені на рис. 5.12.

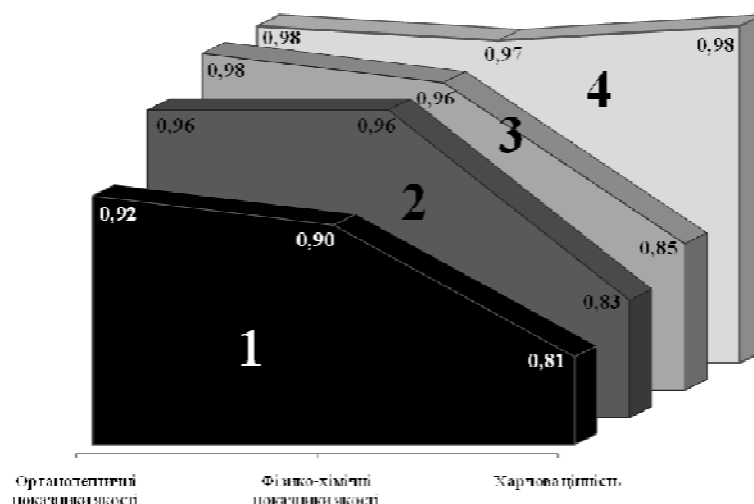


Рисунок 5.12 – Моделі якості зразків безбілкового хліба: 1 – хліба безбілкового безсольового (контроль); 2 – хліба дієтичного безбілкового; 3 – хліба безбілкового «Селянського»; 4 – хліба безбілкового «Морквяного»

З рис. 5.12 видно, що за органолептичними, фізико-хімічними показниками якості та харчовою цінністю хліб безбілковий «Морквяний» перевищує всі досліджені зразки хліба.

Для розрахунку комплексного та інтегрального показників якості призначали міжгрупові коефіцієнти вагомості показників якості безбілкових хлібобулочних виробів (табл. 5.9).

Таблиця 5.9 – Міжгрупові коефіцієнти вагомості показників якості

Оцінка якості	M_A	M_B	M_C	M_D
– комплексна	0,25	0,25	0,50	
– інтегральна	0,24	0,23	0,27	0,26

Комплексну оцінку якості досліджених зразків хліба визначали враховуючи комплексну групову оцінку для органолептичних, фізико-хімічних показників харчової цінності. Для визначення інтегральної оцінки якості зразків хліба додатково враховували показник собівартості продукції (відпускну ціну).

В якості базової ціни було використано ціну реалізації хліба безбілкового безсольового в торгівельній мережі м. Харкова (2,36 грн. за хліб масою 250 г).

Як показали розрахунки економічної ефективності від впровадження нових виробів, відпусчна ціна виробів масою 250 г складає:

- хліба безбілкового безсольового (контроль) – 2,36 грн.;
- хліба дієтичного безбілкового – 1,40 грн.;
- хліба безбілкового «Селянського» – 1,54 грн.;
- хліба безбілкового «Морквяного» – 1,67 грн.

З урахуванням призначених міжгрупових коефіцієнтів вагомості (табл. 5.9) було розраховано комплексну та інтегральну оцінку якості досліджених зразків хліба (рис. 5.13).

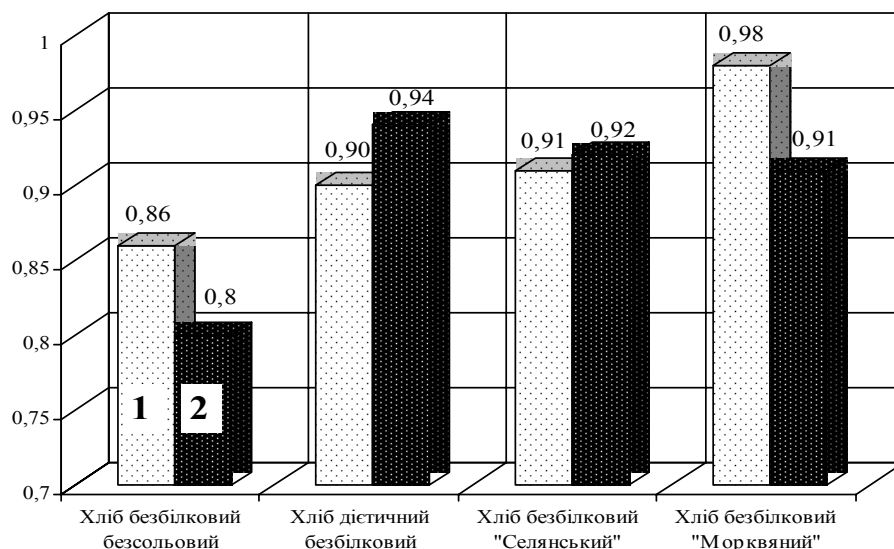


Рисунок 5.13 – Оцінка якості зразків безбілкового хліба за комплексним (1) та інтегральним (2) показниками

Таким чином, за результатами проведеної інтегральної оцінки якості встановлено, що нові вироби перевищують якість контрольного зразка хліба безбілкового безсольового. Так, хліб дієтичний безбілковий перевищує інтегральний показник якості контрольного зразка на 14,9%, хліб безбілковий «Селянський» – на 13,0% та хліб безбілковий «Морквяний» – на 12,0%. Хліб безбілковий «Селянський» і хліб безбілковий «Морквяний» характеризується вищою ціною порівняно із хлібом дієтичним безбілковим, що зменшує їх інтегральний показник якості відносно цього хліба.

5.5 Роботи з упровадження нових видів виробів у виробництво

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено нові види спеціального безбілкового хліба в такому асортименті: хліб дієтичний безбілковий, хліб безбілковий «Селянський» та хліб безбілковий «Морквяний». Установлено, що нові вироби характеризуються високими органолептичними і фізико-хімічними показниками якості (табл. 5.10).

За даними табл. 5.10 видно, що розроблені вироби за кольором м'якушки відрізняються від прототипу (хліба безбілкового безсольового). Вони мають більш світлу м'якушку, характерну для пшеничних сортів хліба, що вирішує задачу розширення асортименту і одержання безбілкового хліба із світлою

м'якушкою. А хліб безбілковий «Морквяний» має м'якушку привабливого жовтого кольору за рахунок використання кріопасті з моркви, що також розширює асортимент виробів.

Таблиця 5.10 – Показники якості нових видів безбілкового хліба

Показник якості	Характеристика показників якості зразків хліба			
	Хліб безбілковий безсольовий (прототип)	Хліб дієтичний безбілковий	Хліб безбілковий «Селянський»	Хліб безбілковий «Морквяний»
Органолептичні показники				
Зовнішній вигляд:				
форма	Відповідає формі, в якій проводилось випікання, без бокових впливів			
поверхня	Шорсткувата, з тріщинами, підривами	Відповідає виду виробу, без забруднення, без великих тріщин на поверхні		
колір	Темно-коричневий	Світло-коричневий	Світло-коричневий	Світло-коричневий
Стан м'якушки:				
пропеченість	Пропечена, еластична, не волога на дотик			
пористість	Добре розвинута, рівномірна, без пустот			
колір	Коричневий	Світло-кремовий	Кремовий	Жовтий
Смак	Притаманний даному виду виробів, без стороннього присмаку			
Запах	Властивий даному виду виробів, приємний, без стороннього запаху			
Фізико-хімічні показники				
Вологість м'якушки, %	45,0	49,0	49,0	49,0
Кислотність м'якушки, град	Не нормується	1,1	1,1	1,1
Пористість, %	60,0±0,50	65,8±0,20	65,0±0,35	65,6±0,23
Питомий об'єм хліба, см³/г	2,35±0,05	2,43±0,02	2,45±0,01	2,44±0,04
Масова частка білкових речовин у перерахунку на СР, %	1,40	1,63	1,57	1,61
Масова частка β -каротину, мг%	—	—	—	1,15
Термін зберігання, ×3600 с	24	24	36	36

Запропонована нова технологія виготовлення хліба безбілкового «Селянського» із більш високим вмістом олії дозволяє не тільки покращити харчову цінність за рахунок збагачення ненасиченими жирними кислотами, але і збільшити термін зберігання хліба до 36×3600 с проти 24×3600 с.

Запропонована нова технологія виготовлення хліба безбілкового «Морквяного» з використанням наноструктурованої кріопасті з моркви дозволяє збагатити вироби клітковиною, β -каротином, та мінеральними

речовинами. При цьому також підвищуються терміни зберігання хліба до 36×3600 с.

Нові технології безбілкових видів хліба можна впроваджувати як на великих хлібозаводах, так і в малих пекарнях, в харчоблоках лікувальних установ та в домашніх умовах. На великих хлібозаводах доцільно реалізовувати розроблену технологію на лініях з приготування булочних виробів. Це пов'язано із невеликими партіями випуску нового хліба, а також застосуванням тістоділильних машин, які здатні поділити тісто на заготовки невеликої маси. Адже на відміну від існуючої технології, в запропонованих рецептурах нових виробів використовується структуроутворювач – ксантанова камедь, який дозволяє одержати необхідну для формування на тістоподільних машинах структуру тіста, що робить процес виробництва розроблених виробів більш технологічним.

Нові технології дозволяють використовувати потенціал України для створення нового конкурентоспроможного виробництва спеціальної безбілкової продукції.

Технологію нових виробів апробовано і впроваджено на 8 підприємствах Харкова та інших міст України, а також в навчальний процес. Результати наведено в початково-методичних розробках, рекомендованих для студентів ВНЗ, які ведуть підготовку фахівців за спеціальністю «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів». За період з 2007 р. по 2013 р. розроблені безбілкові вироби неодноразово демонструвалися на 11 виставках наукової продукції, де здобули позитивну оцінку спеціалістів харчової промисловості.

ВИСНОВКИ

1. Сьогодні все частіше діагностуються спадкові захворювання через порушення амінокислотного обміну речовин. Найефективнішим методом лікування таких хвороб була і залишається дієтотерапія з вилученням усіх високобілоквмісних продуктів, в тому числі на основі зернових. Дієта триває протягом усього життя і є життєво важлива потреба у спеціальних безбілкових виробках, в тому числі хлібобулочних. Актуальним є створення нових вітчизняних спеціальних безбілкових продуктів, які б характеризувалися гарною якістю та доступною ціною.

2. Вивчення досвіду виробництва і перспектив створення безбілкової продукції показало, що за кордоном випускають широкий асортимент хлібобулочних виробів. Для суттєвого зниження вмісту білка в безбілковому хлібі дослідники замінюють білоквмісне борошно на крохмаль, а формування структури забезпечують за рахунок використання добавок із функцією загущувачів та гелеутворювачів. Постійно триває пошук нових систем рецептурних компонентів, які забезпечують формування структури безбілкового хліба і вивчаються питання тістоутворення. Це сприяє не тільки покращенню якості хліба, але і розширенню його асортименту з урахуванням доступності сировини на ринку кожної країни, традицій харчування та інших факторів.

3. Вивчено функціонально-технологічні властивості сировини, яка використовується у виробництві безбілкового хліба, що дозволило з'ясувати її роль в безбілкових тістових системах і готовому хлібі, а в подальшому дало підстави для вибору рецептурних компонентів при створенні нового виробу.

З'ясовано, що найчастіше в безбілкових виробках використовується кукурудзяний крохмаль. Він серед інших зернових крохмалів найкраще проявляє такі властивості, як здатність загущувати розчини, брати участь в утворенні структури, утримувати вологу в системі. Крім того, встановлено, що серед численного арсеналу загущувачів часто використовується ксантанова камедь як один з найефективніших загущувачів.

Для створення безбілкового хліба з високими споживчими властивостями використовують смакові компоненти і збагачувальні добавки.

4. Проведений аналіз літературних джерел дозволив виявити проблемні питання у виробництві безбілкового хліба та обрати шляхи вирішення зазначених проблем з метою розширення асортименту вітчизняних безбілкових виробів, покращення технологічності виробництва, подовження терміну зберігання, а також підвищення харчової цінності.

5. З урахуванням аналізу рецептур і технологій безбілкового хліба було запропоновано модельну рецептуру нового безбілкового хліба, основою якої виступає композитна суміш з крохмалю кукурудзяного, борошна житнього і структуроутворювача, що виконує роль «борошна безбілкового». Застосування нової системи дозволить розширити асортимент, покращити структурно-механічні показники тіста і якість готового хліба. На підставі проведення

пробних лабораторних випікань було обґрунтовано, що в якості структуроутворювача доцільно використовувати ксантанову камедь.

6. Досліджено властивості системи рецептурних компонентів «борошно безбілкове». Встановлено вплив ксантану на формування властивостей тіста. За умови його додавання в кількості 0,1...0,5% до маси крохмалю водопоглинальна здатність «борошна безбілкового» зростає на 18,8%...26,9% порівняно із ВПЗ крохмалю та майже досягає значення ВПЗ житнього борошна. Згідно з даними фаринограм визначено, що за досліджених кількостей ксантану збільшується тривалість утворення тіста на 60%, еластичність збільшується з 3 до 10 мм. За показниками амілограм встановлено, що додавання ксантану впливає на протікання процесу клейстеризації крохмалю і призводить до збільшення часу до початку клейстеризації і часу до досягнення максимальної в'язкості.

7. Досліджено вплив ксантану на пружно-еластичні, пластично-в'язкі, адгезійні властивості безбілкової тістової системи, а також на здатність тіста до розтягування і утримання газу в процесі бродіння.

На підставі проведених досліджень встановлено, що із збільшенням кількості ксантану від 0,1 до 0,5% до маси крохмалю покращуються пружно-еластичні, пластично-в'язкі властивості, а також зменшується міцність адгезії. Встановлено, що в'язкість безбілкового тіста з кількістю ксантану 0,3% до маси крохмалю становить $0,3 \cdot 10^4$ Па·с і досягає значень, характерних для пшеничного тіста (порядку 10^4 Па·с).

8. Вивчення впливу ксантану на фізичні і хімічні змін в тісті методом ІЧ-спектроскопії показало, що формування структури тіста відбувається за рахунок взаємодії між компонентами тіста, а також біополімерів системи з водою і утворення нових зв'язків за рахунок протікання цих взаємодій.

9. Дослідження здатності тіста до розтягування і утримання газу в процесі бродіння за показником питомого об'єму показали, що із збільшенням кількості ксантану до 0,3% до маси крохмалю питомий об'єм тіста покращується, а за кількості ксантану 0,5% до маси крохмалю цей показник зменшується, що може бути пов'язано з гальмуванням бродіння. Тому сприйнятливою можна вважати кількість ксантану 0,3% до маси крохмалю, адже саме в такій кількості добавка покращує структурно-механічні властивості безбілкового тіста, його питомий об'єм і не гальмує бродіння.

10. Дослідження накопичення та зародження цукрі в безбілковому тісті показали необхідність додавання цукру в кількості 4% до маси крохмалю в рецептуру тіста на основі «борошна безбілкового» для забезпечення протікання процесів бродіння, а також забарвлення скоринки готового хліба та формування його смаку і аромату на стадії випікання.

11. На підставі проведених досліджень інтенсивності газоутворення в безбілковому дріжджовому тісті було обґрунтовано спосіб приготування безбілкового хліба. Рекомендований прискорений спосіб приготування нового хліба з тривалістю дозрівання 90×60 с, яки складається з 60×60 с бродіння і 30×60 с вистоювання.

12. Обґрунтовано параметри випікання безбілкового хліба. Встановлено, що протягом $(40...60) \times 60$ с за температур $210...220^\circ \text{C}$ безбілкове тісто перетворюється на готовий до вживання виріб.

13. Досліджено вплив ксантану на процес черствіння безбілкового хліба. Встановлено, що додавання ксантану призводить до зменшення показника усихання та кришкуватості нового виробу, а також до покращення показника кількості води, поглинутої хлібом. В рецептурі хліба доцільно приймати кількість ксантану не більше, ніж 0,3% з метою сповільнення черствіння, адже збільшення кількості ксантану до 0,5% не дає суттєвого ефекту покращення показників збереженості.

14. Вивчено вплив олії соняшникової на показники якості і збереженість безбілкового хліба. Встановлено, що олію доцільно додавати в кількості 10% до маси крохмалю. При цьому, поверхня виробів не є маслянистою на дотик, немає специфічного присмаку олії. Крім того, не знижується пористість і питомий об'єм хліба, а термін зберігання збільшується з 24×3600 с до 36×3600 с.

15. Досліджено зміну ароматичних речовин безбілкового хліба в процесі зберігання у порівнянні з традиційним пшеничним хлібом. Встановлено, що загальний вміст бісульфітзв'язуючих сполук як в скоринці, так і в м'якушці безбілкового хліба менший в середньому в 2 рази порівняно із традиційним хлібом з пшеничного борошна.

16. Проведені дослідження з вибору пакувального матеріалу для зберігання безбілкового хліба. Встановлено, що через 36×3600 с зберігання показник усихання хліба у полімерній плівці термоусадочній за ГОСТ 25951 на 83% менший, ніж при зберіганні у пергаменті, а показник усихання хліба у плівці поліетиленовій за ГОСТ 10354 – на 85% менший, ніж при зберіганні у пергаменті. Тому рекомендовано зберігати безбілковий хліб саме у плівках.

17. Доведено доцільність використання кріопасті з моркви з метою покращення органолептичних, фізико-хімічних показників якості безбілкового хліба, підвищення його харчової цінності, а також з метою сповільнення черствіння хліба. Встановлено рекомендовану кількість кріопасті з моркви, яка складає 10% до маси крохмалю. При цьому інтегральний скор по β -каротину для дітей різного віку і статі складає 61,0...94,1%.

18. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено рецептури хліба дієтичного безбілкового, хліба безбілкового «Селянського» та хліба безбілкового «Морквяного», технологічні схеми їх виробництва, а також апаратурно-технологічну схему виробництва цих видів хліба.

19. Розраховано харчову цінність нових видів безбілкового хліба. Встановлено, що за вмістом білка хліб дієтичний безбілковий, хліб безбілковий «Селянський» і хліб безбілковий «Морквяний» відповідають вимогам, які висуваються до хлібобулочних безбілкових виробів для спеціального дієтичного харчування і не перевищує 2,2% в перерахунку на СР.

20. Визначено перетравлюваність вуглеводів безбілкового хліба *in vitro*. Встановлено, що швидкість ферментативного гідролізу вуглеводів безбілкового

хліба є набагато нижчою порівняно зі швидкістю трансформації вуглеводів хліба, що містить полісахариди пшеничного борошна. Це може бути пов'язане з тим, що кукурудзяний крохмаль має нижчий глікемічний індекс і при цьому знижує вуглеводне навантаження на організм.

21. Розраховано економічну ефективність від впровадження нових технологій. За умови впровадження нових технологій у виробництво на діючому підприємстві ПрАТ «Хлібозавод «Салтівський» (м. Харків) приріст прибутку підприємства-виробника (в розрахунку на діючий обсяг виробництва) під час виробництва хліба дієтичного безбілкового протягом року складатиме 5,63 тис. грн., 4,34 тис. грн. – хліба безбілкового «Селянського» та 3,36 тис. грн. – хліба безбілкового «Морквяного». Встановлено, що відпускна ціна хліба масою 250 г для дієтичного безбілкового складає 1,40 грн., безбілкового «Селянського» – 1,54 грн. та безбілкового «Морквяного» – 1,76 грн., що є нижчою за ціну прототипу (2,36 грн.), і набагато нижчою за ціну виробів закордонного виробництва.

22. За результатами проведеної інтегральної оцінки якості встановлено, що хліб дієтичний безбілковий перевищує інтегральний показник якості хліба безбілкового безсольового на 14,9%, хліб безбілковий «Селянський» – на 13,0%, хліб безбілковий «Морквяний» – на 12,0%.

23. Здійснено комплекс робіт по впровадженню нових видів виробів у виробництво: розроблено проект нормативної документації на нові види безбілкового хліба; затверджено у встановленому порядку рецептуру та технологічну інструкцію на хліб дієтичний безбілковий; здійснено комплекс організаційно-технологічних заходів щодо впровадження розробок у виробництво.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Наследственные нарушения метаболизма / Гречанина Е. Я., д-р. мед. наук, профессор, руководитель Харьковского межобластного центра клинической и пренатальной диагностики // Медична газета «Здоров'я України». – 2003. – № 80, 81, 82 – Режим доступу до газети : <<http://health-ua.com/>>.
2. Фенілкетонурия. Клініка, діагностика, лікування: Методичні рекомендації для фахівців. – Москва; Київ, 2001. – 115 с.
3. Национальная стратегия вскармливания детей первого года жизни. Диетотерапия при галактоземии и фенилкетонурии / Т.Э. Боровик, К.С. Ладодо, Т.В. Бушуева, Е.П. Рыбакова // Практика педиатра. – 2008. – № 1, 2, 5. – Режим доступу до журн. : <<http://medi.ru/doc/j01081208.html>>.
4. Тутельян В. А. Справочник по диетологии / В.А. Тутельян, М.А. Самсонов. – М.: Медицина, 2001. – 544. с.
5. Покровский А.А. Справочник по диетологии / А.А. Покровский. – М., 1981. – 704 с.
6. Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання. Загальні технічні умови : ДСТУ 4588:2006 – [Чинний від 2008-07-01]. – К.: Изд-во стандартов, 2008. – 23 с.
7. ФЕНИЛКЕТОНУРИЯ (заболевание ФКУ). – [Електронний ресурс] (7,6 КБ) – Режим доступу: <<http://humbio.ru/humbio/pathology/0001a2e3.html>>.
8. Екатеринбург–фенилкетонурия. – [Електронний ресурс] (12,18 КБ). – Режим доступу: <<http://natalia.ucoz.ru>>.
9. Phenylketonuria: What is it? – [Електронний ресурс] (5,84 КБ) – Режим доступу: <<http://www.ygyh.org/pku/whatisit.html>>.
10. Усатенко В. Диета для жизни / Виталий Усатенко // Мясное дело. – 2010. – № 12. – С. 38-39.
11. Діагноз як вирок / Наталя Позняк // Дзеркало тижня. – 19 серпня-1 вересня 2000. – № 33 (306). – 6 с. – Режим доступу : <http://dt.ua/HEALTH/diagnoz_yak_virok-21634.html>.
12. Биология и медицина. – [Електронний ресурс] (825 байт) – Режим доступу: <<http://medbiol.ru>>.
13. Збірник наукових робіт наукового симпозиуму з міжнародною участю «Рідкісні (сирітські) спадкові хвороби», 20-21 листопада 2012. – Х. : ТОВ «Учбово-науковий і лікувально-діагностичний центр ГЕНОМИКА», 2012. – 190 с.
14. National PKU News. – [Електронний ресурс] (7,9 КБ) – Режим доступу: <<http://www.pkunews.org>>.
15. Форум «Всё о Фенилкетонурии». – [Електронний ресурс] (146,42 КБ) – Режим доступу: <<http://www.vmeste-so-vsemi.ru/forums>>.
16. PKU – Phenylketonuria – Join the PKU.com Community. – [Електронний ресурс] (25,42 КБ). – Режим доступу: <<http://www.pku.com>>.

17. Справочник диетолога. Врожденные нарушения аминокислотного обмена. – [Электронный ресурс] (37 КБ). – Режим доступа: <<http://dietitian.com.Ua/2007/1/1/01>>.
18. Медицинская справочная [Электронный ресурс] (24,87 КБ). – Режим доступа: <<http://medarticle.moslek.ru>>.
19. Медицинский центр «Ваше здоровье». Эффективная медицина. – [Электронный ресурс] (4,76 КБ). – Режим доступа: <<http://www.medeffect.ru>>.
20. Гомоцистинурия. Причины, симптомы. Лечебное питание : Диетология. – [Электронный ресурс] (7,76 КБ). – Режим доступа: <<http://www.zdorovih.net>>.
21. Лейциноз. Причины, симптомы, лечение : Генетика. – [Электронный ресурс] (7,13 КБ). – Режим доступа: <<http://www.zdorovih.net>>.
22. Копылова Н. В. Вкусная диета. Как жить с фенилкетонурией? / Н.В. Копылова, А.Д. Байков. – М.: Республ.центр неонатального скрининга, 2001. – 258 с.
23. Nutricia North America – PKU . – [Электронный ресурс] (46,56 КБ) – Режим доступа: <<http://www.shsna.com/pages/pku.htm>>.
24. Вельтищев Ю. Е. Наследственные болезни обмена веществ. Наследственная патология человека / Ю.Е. Вельтищев, Л.З. Казанцева, А.Н. Семякина ; под общ. ред. Ю.Е. Вельтищева, Н.П. Бочкова. – М.: Медицина, 1992. – Т. 1. – С. 41–101.
25. PKU – We conduct research for a better life. –[Электронный ресурс] (17,4 КБ) – Режим доступа: <<http://www.prekulab.com>>.
26. Applied Nutrition Corp. (Metabolic Nutrition Support). – [Электронный ресурс] (6,53 КБ) – Режим доступа: <<http://www.medicalfood.com>>.
27. Abbott Nutrition – Our Products For Healthcare Professionals. – [Электронный ресурс] (19,25 КБ) – Режим доступа: <<http://abbottnutrition.com>>.
28. Product Info & Online Shop. – [Электронный ресурс] (71,87 КБ) – Режим доступа: <<http://www.myspecialdiet.com>>.
29. PreKUlab Ltd. – We Conduct Research For A Better Life... – [Электронный ресурс] (17,4 КБ) – Режим доступа: <<http://www.prekulab.com>>.
30. ГРУППА НУТРИТЕК. – [Электронный ресурс] (18,51 КБ) – Режим доступа: <<http://www.nutritek.ru>>.
31. «Целиакия : прошлое, настоящее и будущее» – первая тематическая конференция в Украине / Алена Бугаева // Медична газета «Здоров'я України». – 2008. – № 11(192). – червень. – С. 73 – Режим доступа до газети : <<http://health-ua.com>>.
32. Интернет-портал «Всё о детском питании, о здоровье и развитии детей». – [Электронный ресурс] (54,48 КБ) – Режим доступа: <<http://www.babyeda.ru>>.
33. Матеріали IV Міжнародного конгресу «Спадкові метаболічні захворювання»; 29 листопада – 1 грудня 2010 р. // Ультразвукова перинатальна діагностика / редкол.: Біловол О.М. та [ін.]. – Харків: Український інститут клінічної генетики ХНМУ, 2010. – №30. – 282 с.

34. Продукція дієтичного спрямування. – [Електронний ресурс] (820 байт). – Режим доступу: <<http://www.mygeneticdiet.ru>>.
35. Bezgluten.pl – Wytworzonia Artykulow Bezglutenowych. – [Електронний ресурс] (6,88 КБ) – Режим доступу: <<http://www.bezgluten.pl>>.
36. Грищенко А. М. Удосконалення технології хліба з безглютенової сировини : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів»/ Анна Миколаївна Грищенко. – К., 2011. – 20 с.
37. Codex Alimentarius Commission. (2000). Draft revised standard for gluten free foods (CX/NFSDU 98/4). In Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, 22nd session, Berlin, Germany.
38. Ener-G Foods. – [Електронний ресурс] (32,76 КБ) – Режим доступу: <<http://www.ener-g.com>>.
39. Kingsmill Food Col, Ltd. – [Електронний ресурс] (22,36 КБ) – Режим доступу: <<http://www.kingsmill.com>>.
40. Dietica.ru, Литература, упаковка. – [Електронний ресурс] (41,36 КБ) – Режим доступу: <<http://www.dietica.ru>>.
41. Glutano. – [Електронний ресурс] (31,77 КБ) – Режим доступу: <<http://www.glutano.com>>.
42. Pat. WO 2008/036646 A1 United States, A 21 D 10/00. Leavened products made from non-wheat cereal proteins / Hamaker, Bruce, R., West Lafayette (US), Mejla, Carla, D., West Lafayette (US), Mauer, Lisa, J., West Lafayette (US), campanella, Osvaldo, H., West Lafayette (US) ; assignee Purdue Research Foundation – № PCT/US2007/078750 ; filed 18.09.2007 ; pub. date 27.03.2008.
43. Pat. US 2009/0092716 A1 United States, A 21 D 13/00. Gluten-free baked products and methods of preparation of same / William Alan Atwell, Champlin, MN (US), Jodi A. Engleson, Minneapolis (US), Allen Richard Muroski, Barlett, TN (US), Sean McIlwain Finnie, Manhattan, KS (US), Sean Acie Smith, Minneapolis (US) ; assignee Cargill, Incorporated, Wayzata, MN (US). – № 12/218,153 ; filed 11.07.2008 ; pub.date 09.04.2009.
44. Pat. US 2003/0228408 A1 United States, A 23 L 1/168. Bread equivalents and methods of making the same / Jeff Meister, Plymouth, MN (US) ; assignee Thomas Hoxie Novartis, Corporate Intellectual Property. – № 10/452,401 ; filed 02.06.2003 ; patented 11.12.2003.
45. Schar – gluten-free products – gluten-free recipes – gluten-free life. – [Електронний ресурс] (33,97 КБ) – Режим доступу: <<http://www.schar.com>>
46. Special Low Protein Products. – [Електронний ресурс] (22,52 КБ) – Режим доступу: <<http://www.menudirect.com>>.
47. Компания «Здоровый Мир». – [Електронний ресурс] (5,27 КБ) – Режим доступу: <<http://www.diet-msk.ru>>.
48. Pat. US 2005/0175756 A1 United States, A 21 D 10/00. Dough compositions / Miyuki Fucasawa, Joetsu-shi (JP) ; assignee Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Tokyo (JP). – № 11/052,113 ; filed 08.02.2005 ; pub.date 11.08.2005.

49. Pat. US 2007/02755121 A1 United States, A 21 D 8/02. Dry mixtures for making dough for bread and methods for productions thereof / Jytte Malby, Rudkobing (DK) ; assignee Licata & Tyrrell P.C. – № 11/753,705 ; filed 25.05.2007 ; pub.date 29.11.2007.

50. Pat. US 2008/0038434 A1 United States, A 21 D 13/04. System for gluten replacement in food products / Engleson, Jodi, A., Minneapolis (US), Lendon, Carrie, A., Minneapolis (US), Atwell, William, A., Minneapolis (US) ; assignee Edward L. Levine. Esq. Law Department Cargill, Incorporated, Law Department, P.O. – № 11/891,911 ; filed 13.08.2007 ; pub.date 14.02.2008.

51. Pat. US 2009/0098270 A1 United States, A 21 D 10/04. System for gluten replacement in food products / Jodi A. Engleson, Minneapolis (US), Carrie A. Lendon, Minneapolis (US), Janiece Hope, Minneapolis (US), Jeffrey L. Casper, Minneapolis (US) ; assignee Cargill, Incorporated, Wayzata, MN (US). – № 12/228,544 ; filed 13.08.2008 ; pub.date 16.04.2009.

52. Pat. US 2009/0123627 A1 United States, A 21 D 8/02. Gluten-free flour composition / Jules E.D. Shepard, Catonsville, MD (US) ; assignee Ober, Kaler, Grimes & Shriver (US). – № 12/288,853 ; filed 23.10.2008 ; pub.date 14.05.2009.

53. Pat. US 2009/0136642 A1 United States, A 21 D 13/04. Flour formulations for making gluten-free food products / Aquah Moira Singh-Meneghini, Forest Hills, NY (US) ; assignee Aquah Moira Singh-Meneghini, Forest Hills, NY (US). – № 12/094,773 ; filed 20.11.2006 ; pub.date 28.05.2009.

54. Pat. US 2010/0015317 A1 United States, A 21 D 10/00. Composition and recipes for gluten-free baked products / Dawna DeStafeno, Folsom, CA (US) ; assignee Intellectual Property Department Santa Monica, CA (US). – № 12/569,742 ; filed 29.09.2009 ; pub.date 21.01.2010.

55. Pat. US 2010/0015279 A1 United States, A 21 D 13/06. Method and formulations for gluten-free bakery products / HuaXiao Zhang, Williamsville, NY (US), Paula Lugar, Tonawanda, NY (US) ; assignee HodsonRuss LLP The Guaranty Building (US). – № 12/505,913 ; filed 20.07.2009 ; pub.date 21.01.2010.

56. Pat. US 2010/0021610 A1 United States A 21 D 10/00. Gluten-free dough composition / Miyuki Fucasawa, Joetsu-shi Niigats-ken (JP) ; proprietor Shin-Etsu Chemical Co., Ltd. Tokyo (JP). – № 12/493,998 ; filed 29.06.2009 ; pub.date 28.01.2010.

57. Pat. US 2010/0119652 A1 United States A 21 D 10/00. Formula and process for producing gluten-free bakery products / Palav, Trupti, Tonawanda, NY (US), Bhatia, Sachin, Tonawanda, NY (US), Perks, Cheryl, Ridgeway (CA) ; proprietor Rich Products Corporation (US). – № 12/590,521 ; filed 10.11.2009 ; pub.date 13.05.2010.

58. Барсукова Н. В. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н.В. Барсукова, Д.А. Решетников, В.Н. Красильников // Электронный научный журнал СПбГУНиПТ серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – № 1 (март).

59. Жушман А. Низкобелковые продукты питания для детей / А. Жушман, В. Карпов, Т. Калинина, Л. Бакулина // Хлебопродукты. – 2006. – № 6. – С. 42–43.

60. Elke K. Arendt. Gluten-Free Cereal Products and Beverages / Elke K. Arendt, Andrew Morrissey, Michelle M. Moore and Fabio Dal Bello. – Ireland, 2008. – Pages 289-319.
61. Rotsch A. Chemische und technische Untersuchungen an kunstlichen Teigen / A. Rotsch // Brot Gebaeck. – 1954. – Nummer 8. – Seite 129.
62. Lorenzo G. Optimization of non-fermented gluten-free dough composition based on rheological behavior for industrial production of "empanadas" and piecrusts / G. Lorenzo, N. Zaritzky and A. Califano // Journal of Cereal Science. – July 2008. – Volume 48. – Issue 1. – Pages 224-231.
63. Павлова Н. Применение структурообразователей для приготовления безбелкового хлеба / Н. Павлова, И. Матвеева // Хлебопродукты. – 1998. – №12. – С.17-20.
64. Witczak Mariusz. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread / Mariusz Witczak, Jaroslaw Korus, Rafal Ziobro and Leslaw Juszczak // Journal of Food Engineering. – January 2010. – Volume 96. – Issue 2. – P. 258-265.
65. Jose A. Roman-Brito. Textural Studies of Stored Corn Tortillas with Added Xanthan Gum / Jose A. Roman-Brito, Edith Agama-Acevedo, Guadalupe Mendez-Montealvo, and Luis A. Bello-Perez // Cereal Chemistry. – September/October 2007. – Volume 84. – Number 5. – P. 502-505.
66. Rendon-Villalobos R. In vitro starch bioavailability of corn tortillas with hydrocolloids / R. Rendon-Villalobos, E. Agama-Acevedo, J.J. Islas-Hernandez, J. Sanchez-Munoz and L.A. Bello-Perez // Food Chemistry. – August 2006. – Volume 97. – Issue 4. – P. 631-636.
67. Kang M. Y., Choi Y. H. & Choi H. C Korean Journal of Food Science and Technology. – 1997. – № 29. – P. 700-704.
68. Eliasson A. & Larsson, K. In Cereals in breadmaking / A. Eliasson, K. Larsson – New York : Marcel Dekker – 1993.
69. Gan J. Evaluation of the potential of different rice flours in bakery formulations / Gan J., Rafael L. G. B., Cato L. & Small D. M. // In Proceedings of the 51 st Australian Cereal Chemistry Conference, 2001. – P. 309-312.
70. Cato L. The use of rice flour and hydrocolloid gums for gluten free breads / Cato L., Rafael L.G.B., Gan J. and Small D.M. // In Proceedings of the 51st Australian Cereal Chemistry Conference, 2002. – P. 304-308.
71. Pat. US 2005/0042358 A1 United States, A 21 D 2/00. Rice flour composition for producing bread/cakes, rice flour breads and cakes and process for producing the same / Kouichi Fukumori, Osaka (JP) ; assignee Knobbe Martens Olson & Bear LLP. – № 10/493,175 ; filed 17.06.2003 ; pub.date 24.02.2005.
72. Guarda A. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents / A. Guarda, C M. Rosell, C Benedito and M. J. Galotto // Food Hydrocolloids. – March 2004. – Volume 18. – Issue 2. – Pages 241-247.
73. Lazaridou A. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations / A. Lazaridou, D. Duta, M. Papageorgiou, N.

Belc and C.G. Biliaderis // Journal of Food Engineering. – April 2007. – Volume 79. – Issue 3. – P. 1033-1047.

74. Gallagher E. Improving the quality of gluten-free breads / E. Gallagher, O. Polenghi & T. R. Gormley // Farm and Food. – 2002a. – Number 12. – P. 8-13.

75. Hardeep Singh Gujral. Starch Hydrolyzing Enzymes for Retarding the Staling of Rice Bread / Hardeep Singh Gujral, Monica Haros, and Cristina M. Rosell // Cereal Chemistry. – November/December 2003. – Volume 80. – Number 6. – P. 750-754.

76. Michelle M. Moore. Network Formation in Gluten-Free Bread with Application of Transglutaminase / M. Moore Michelle, Meike Heinbockel, Peter Dockery, H. M. Ulmer, and Elke K. Arendt // Cereal Chemistry. – January/February 2006. – Volume 83. – Number 1. – P. 28-36.

77. Cristina Marco. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours / Cristina Marco and Cristina M. Rosell // Journal of Food Engineering. – September 2008. – Volume 88. – Issue 1. – Pages 94-103.

78. Шнейдер Д. В. Теоретические и практические аспекты создания безглютеновых продуктов питания на основе повышенной биодоступности сырья : автореф. дис. на соискание степени д-ра техн. наук : 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / Дарья Владимировна Шнейдер. – М., 2012. – 52 с.

79. Michelle M. Moore. Textural Comparisons of Gluten-Free and Wheat-Based Doughs, Batters, and Breads / Michelle M. Moore, Tilman J. Schober, Peter Dockery, and Elke K. Arendt // Cereal Chemistry. – September/October 2004. – Volume 81. – Number 5. – P. 567-575.

80. Michelle M. Moore. Network Formation in Gluten-Free Bread with Application of Transglutaminase / Michelle M. Moore, Meike Heinbockel, Peter Dockery, H. M. Ulmer, and Elke K. Arendt // Cereal Chemistry. – January/February 2006. – Volume 83. – Number 1. – P. 28-36.

81. Gene J. Ahlborn. Sensory, Mechanical, and Microscopic Evaluation of Staling in Low-Protein and Gluten-Free Breads / Gene J. Ahlborn, Oscar A. Pike, Suzanne B. Hendrix, William M. Hess, and Clayton S. Huber // Cereal Chemistry. – May/June 2005. – Volume 82. – Number 3. – P. 328-335.

82. Acs E. Bread from corn starch for dietetic purposes. I. Structure formation / E. Acs, Zs. Kovacs & J. Matuz // Cereal Research Communications. – 1996 a. – Number 24. – P. 441-449.

83. Acs E. Bread from corn starch for dietetic purposes. II. Formation of the visual and technological properties / E. Acs, Zs. Kovacs & J. Matuz // Cereal Research Communications. – 1996 b. – Number 24. – P. 451-459.

84. Arendt E. K. Development of gluten-free cereal products / E. K. Arendt, C M. O'Brien, T. Schober, T. R. Gormley & E. Gallagher // Farm and Food. – 2002. – Number 12. – P. 21-27.

85. D. F. McCarthy. Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread / D. F. McCarthy, E. Gallagher, T. R. Gormley,

T. J. Schober, and E. K. Arendt // *Cereal Chemistry*. – September/October 2005. – Volume 82. – Number 5. – P. 609-615.

86. Lee C. C. Optimization of the fat-emulsifier system and the gum-egg white-water system for a laboratory scale single stage cake mix / Lee C. C. & Hosney R. C // *Cereal Chemistry*. – 1982. – Number 59. – P 392-395.

87. Malcolmson L. J. Textural optimization of spaghetti using response surface methodology: effects of drying temperature and durum protein level / L. J. Malcolmson, R. R. Matsuo & R. Balshaw // *Cereal Chemistry*. – 1993. – Number 70. – P. 417-423.

88. Toufeili I. Formulation of gluten-free pocket-type fat breads: Optimization of methylcellulose, gum arabic and egg albumen levels by response surface methodology / I. Toufeili, S. Dagher, S. Sadarevian, A. Noureddine, M. Sarakbi & M. T. Farran // *Cereal Chemistry*. – 1994. – Number 71. – P. 594-601.

89. Huang J. C. Model prediction for sensory attributes of non-gluten pasta / J. C Huang, S. Knight & C Goad // *Journal of Food Quality*. – 2001. – Number 24. – P. 495-511.

90. Lazaridou A. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations / A. Lazaridou, D. Duta, M. Papageorgiou, N. Belc and C.G. Biliaderis // *Journal of Food Engineering*. – April 2007. – Volume 79. – Issue 3. – P. 1033-1047.

91. Alessandro A. Gel, dough and fibre enriched fresh breads: Relationships between quality features and staling kinetics / Alessandro Angioloni and Concha Collar // *Journal of Food Engineering*. – April 2009. – Volume 91, Issue 4. – pp. 526-532.

92. Schwarzlaff S. S. Guar and locust bean gums as partial replacers of all-purpose flour in bread: an objective and sensory evaluation / S. S. Schwarzlaff, J. M. Johnson, W. E. Barbeau & S. Duncan // *Journal of Food Quality*. – 1996. – Number 19. – P. 217-229.

93. Sabanis D. Effect of dietary fiber enrichment on selected properties of gluten-free bread / D. Sabanis, D. Lebesi and C. Tzia // *LWT – Food Science and Technology*. – October 2009. – Volume 42. – Issue 8. – Pages 1380-1389.

94. Anon. Inulin: added value / Anon // *European Baker*. – 1999. – Number 32. – P. 40-44.

95. Taylor J. R. N. Quinoa in Pseudocereals and less common cereals, grain properties and utilization potential / Taylor J. R. N. & Parker M. L. – Berlin: Springer Verlag. – 2002. – pp. 93-122.

96. Tosi E. A. Utilisation of whole amaranthus (*Amaranthus cruentus*) flour in the manufacture of biscuits for coeliacs / E. A. Tosi, M. C Ciappini & R. Masciarelli // *Alimentaria*. – 1996. – Number 34. – P. 49-51.

97. Manuela Mariotti. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs / Manuela Mariotti, Mara Lucisano, M. Ambrogina Pagani and Perry K.W. Ng // *Food Research International*. – October 2009. – Volume 42. – Issue 8. – pp. 963-975.

98. Renata Puppini Zandonadi MSc. Psyllium as a Substitute for Gluten in Bread / Renata Puppini Zandonadi MSc, Raquel Braz Assuncao Botelho PhD and

Wilma Maria Coelho Araujo PhD // Journal of the American Dietetic Association. – October 2009. – Volume 109. – Issue 10. – pp. 1781-1784.

99. Schoenlechner R. Investigation of the processing aspects of the pseudocereals amaranth and quinoa / Schoenlechner R. & Berghofer E. // In Proceedings of the International Association of Cereal Chemists Conference. – 2002. – pp. 73-79.

100. Yazynina Elena. Low folate content in gluten-free cereal products and their main ingredients / Elena Yazynina, Madelene Johansson, Margaretha Jagerstad and Jelena Jastrebova // Food Chemistry. – 1 November 2008. – Volume 111. – Issue 1. – pp. 236-242.

101. Alvarez-Jubete L. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients / L. Alvarez-Jubete, E.K. Arendt and E. Gallagher // Trends in Food Science & Technology. – February 2010. – Volume 21. – Issue 2. – pp. 106-113.

102. Pat. US 2007/0160728 A1 United States, A 23 L 1/00. Gluten-free food products including deflavored bean powder / Noel Rudie, Oskaloosa, LA (US), Brent Sorenson, Fertile, MN (US), James Paul LeCureux, Ubly, MI (US), Brian Keith Sorenson, Fisher, MN (US) ; assignee Merchant & Gould PC. – № 11/580,705 ; filed 12.10.2006 ; pub.date 12.07.2007.

103. Pat. US 7,264,841 B2 United States, A 23 L 1/36. Savory gluten-free foods / Linda Kalustian Lester, San Francisco, CA (US), Eleanor Chicolo, San Francisco, CA (US) ; assignee San Francisco, CA (US). – № 10/762,098 ; filed 21.01.2004 ; pub.date 04.09.2007.

104. Трегубов Н. Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н.Н. Трегубов, Е.Я. Жарова, А.И. Жушман, Е.К. Сидорова. – М.: Легкая и Пищевая Промышленность, 1981. – с. 472.

105. Biliaderis G. B. Structure and Phase Transitions of Starch in Food Systems / G. B. Biliaderis // Food Technol. – 1992. – № 46. – P. 98-109.

106. Yuriev V. P. Phase State of Starch Gels at Different Water Content / V. P. Yuriev, I.E. Nemirovskaya and T.D. Maslova // Carbohydr. Polym. – 1995. – № 26. – P. 43-46.

107. Нечаев А. П. Характеристика и использование крахмалов / А. П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки, 1999. – № 2. – С. 31-32.

108. Pat. US 2009/0123627 A1 United States, A 21 D 8/02. Gluten-free flour composition / Jules E.D. Shepard, Catonsville, MD (US) ; assignee Ober, Kaler, Grimes & Shriver (US). – № 12/288,853 ; filed 23.10.2008 ; pub.date 14.05.2009.

109. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва : Навчальний посібник / Віра Іванівна Дробот. – К.: Логос, 2002. – 365 с.

110. Gallagher E. Novel rice starches in gluten-free bread / Gallagher E., Polenghi O. & Gormley T. R. // In Proceedings of the International Association of Cereal Chemists Conference – 2002b. – P. 24-26.

111. Рецептуры и технологические инструкции по приготовлению диетических сортов хлебобулочных изделий и характеристика их пищевой ценности. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – С. 28-30.
112. Лисюк Г. М. Їстівні покриття як спосіб подовження терміну зберігання хлібобулочних виробів / Г.М. Лисюк, О.В. Самохвалова, О.В. Неміріч // Хлебопекарное и кондитерское дело. – Київ – 2006. – С. 22.
113. Андреев Н. Р. Основы производства нативных крахмалов / Николай Руфеевич Андреев. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 262 с.
114. James N. BeMiller. Starch : Chemistry and Technology / James N. BeMiller , Roy L. Whistler // Academic Press. – 2009. – 894 с.
115. Гринченко О. А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции с использованием полуфабрикатов функциональных композиций на основе полисахаридов : дис. ... д-ра. тех. наук : 05.18.16 / Гринченко Ольга Алексеевна. – Харьков, 2005. – 380 с.
116. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб.: Профессия, 2002. – 414 с.
117. Пучкова Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий : учебное пособие / Л.И. Пучкова, Р.Д. Паландова, И.В. Матвеева. – СПб: ГИОРД, 2005. – 327 с.
118. Черствение хлеба и борьба с этим явлением. – [Электронный ресурс] (15 КБ) – Режим доступа: <<http://www.trirm.ru/articles/id-12.html>>.
119. Филлипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс; пер с англ. под. ред. А.А.Кочетковой и Л.А. Сарафановой. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 536 с.
120. Европейский рынок гидроколлоидов // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2000. – № 1 – С. 12-13.
121. Емец В. Н. Пищевые добавки. Европейская классификация и описание / В.Н. Емец. – Мн.: ЗАО «ВАЭМ», 1998. – 151с.
122. Swidepski F. Hydrokoloidy – substancje dodatkowe I stadtники zywnosci Specyalanego przeznaczenia / Francizek Swidepski, Waszkiewicz, Robak Bozena // Przem. Spoz. – 2001. – 553. – №3. – Р. 12-16.
123. Ластухін Ю. О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості : Навч. Посібник. – Львів : Центр Європи, 2009. – 836 с.
124. Posell C.M. Influence of hydrocolloids on dough theology and bread quality / C.M. Posell, L.A. Roias, C. Benidito de Barber (Institute de Agroguimica Technology de Ailments (CSC), P.O. Box 73, 43100 – Burjassot, Valencia // Food Hydrocolloid. – 2001. – № 1.–75081 p.
125. Булдаков А. С. Пищевые добавки / А.С. Булдаков. – СПб.: «Ut», 1996. – 240 с.
126. Нечаев А. П. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова. – СПб: ГИОРД, 2001. – 592 с.
127. Demiate I. M. Relationship between baking behaviour of modified cassava starches and starch chemical structure by FTIR spectroscopy / I. M. Demiate, N.

Dupuy, J. P. Huvenne, M. P Cereda & G. Wosiacki // Carbohydrate Polymers. – 2000. – Number 42. – P. 149-158.

128. Иванова Е. А. Полисахариды – компоненты новых продуктов / Е. А. Иванова // Пищевая промышленность. – 1991. – № 1. – С. 86-88.

129. Ильинова С. Ф. Применение пищевых добавок в хлебопечении / С. Ф. Ильинова // Изв. ВУЗов. Пищ. Технология. – 2000. – № 5. – С. 27-30.

130. Информационный сайт «Пектиновые продукты». – [Электронный ресурс] (10,2 КБ) – Режим доступа: <<http://pecto.narod.ru/pectin.htm>>.

131. Ilkem Demirkesen. Rheological properties of gluten-free bread formulations / Ilkem Demirkesen, Behic Mert, Gulum Sumnu and Serpil Sahin. – Journal of Food Engineering. – January 2010. – Volume 96. – Issue 2. – Pages 295-303.

132. Bauer G. Gluten-free and low protein bakery products for people suffering from coeliac disease and kidney diseases / G. Bauer // Baecker und Konditor. – 1980. – Nummer 28. – P. 217-218.

133. Ильинова С. Ф. Применение пищевых добавок в хлебопечении / С. Ф. Ильинова // Изв. ВУЗов. Пищ. Технология. – 2000. – № 5. – С. 27-30.

134. Карнаушенко Л. Біологічні добавки / Л. Картнаушенко, А. Рибнікова // Зерно і хліб. – 1997. – № 2. – С. 24-25.

135. Pat. US 2010/0028490 A1 United States A 21 D 8/04. Bread improver and use thereof in making crumb-free flat bread / Jean-Jacques Muchembled, Marcq En Baroeul (FR) ; proprietor Lesafre Et Compagnie, Paris (FR). – № 12/441,642 ; filed 14.09.2007 ; pub.date 04.02.2010.

136. Ингредиенты для пищевой промышленности ГИОРД. – [Электронный ресурс] (8,6 КБ) – Режим доступа: <<http://www.giord.ru>>.

137. Балаболкин М. И. Сахарный диабет / М.И. Балаболкин. – М.: Медицина, 1994. – 384 с.

138. Gimeno E. Effect of Xanthan Gum and CMC on the Structure and Texture of Corn Flour Pellets Expanded by Microwave Heating / E. Gimeno, C I. Moraru and J. L. Kokini // Cereal Chemistry. – January /February 2004. – Volume 81. – Number 1. – P. 100-107.

139. Gene J. Ahlborn. Sensory, Mechanical, and Microscopic Evaluation of Staling in Low-Protein and Gluten-Free Breads / Gene J. Ahlborn, Oscar A. Pike, Suzanne B. Hendrix, William M. Hess, and Clayton S. Huber // Cereal Chemistry. – May/June 2005. – Volume 82. – Number 3. – P. 328-335.

140. Артамонова М. В. Разработка технологии желированной продукции с использованием микробных полисахаридов : дис. ... канд. тех. наук : 05.18.16 / Артамонова Майя Владимировна. – Харьков, 2000. – 293 с.

141. Biliaderis G. B. Structure and Phase Transitions of Starch in Food Systems / G. B. Biliaderis // Food Technol. – 1992. – № 46. – P. 98-109.

142. Yuriev V. P. Phase State of Starch Gels at Different Water Content / V. P. Yuriev, I.E. Nemirovskaya and T.D. Maslova // Carbohydr. Polym. – 1995. – № 26. – P. 43-46.

143. Козлова С. Г. Разработка ускоренной технологии дрожжевого теста с использованием микробного экзополисахарида ксампана : дис. ... канд. тех. наук : 05.18.01 / Козлова Светлана Георгиевна. – Харьков, 2001. – 281 с.
144. Rocks I. K. Xanthan gum / I.K. Rocks // Food. Technol. – 1971. – №25. – P.476-483.
145. Самохвалова О. В. Разработка научно-обоснованной технологии булочных изделий с использованием экзополисахарида ксантан : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Самохвалова Ольга Владимировна. – Харьков, 1990. – 264 с.
146. Самохвалова О. В. Використання мікробних полісахаридів у хлібопеченні / О.В. Самохвалова // Науковий вісник ПУСКУ. Серія «Технічні науки». – Полтава, 2004. – №2(9). – С.69-71.
147. ТУ У 88-105-001-2000 «Ксантан сухий для харчової промисловості».
148. А. с. 1708234. Способ производства изделий из бездрожжевого теста / Калакура М.М. [и др.] ; опубл.30.01.92, Бюл. № 2.
149. Воцелко С.К. Взаємодія бактеріального екзополісахариду ксантану з біополімерами пшениці / С.К. Воцелко [та ін.] // Мікробіологічний журнал. – 1996. – Т.58. – №4. – С.48-54.
150. Завадинська О. Ю. Розроблення технологій листкового тіста та оздоблювальних напівфабрикатів з використанням микробного екзополісахариду ксантан : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / О.Ю. Завадинська. – К., 1998. – 28 с.
151. Самохвалова О. В. Спосіб активації пресованих дріжджів у присутності микробного полісахариду ксампану / О.В. Самохвалова // Зернові продукти та комбікорми. – 2007. – №1. – С.9-12.
152. Лисюк Г. М. Тістові напівфабрикати швидше дозрівають з активованими дріжджами / Г.М. Лисюк, С.Г. Козлова, О.В. Самохвалова // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2008. – №6. – С.10-11.
153. Стрижак С. Г. Технология блинчикового полуфабриката с использованием улучшающих добавок : дис. ... канд. техн. наук : 05. 18.16 / Стрижак Светлана Григорьевна. – Х., 2003. – 160 с.
154. Самохвалова О. В. Стабилизатор мучных кондитерских изделий – ксампан / О.В. Самохвалова // Питание и общество. – 2006. – №1. – С.20-21.
155. Самохвалова О. В. Використання микробного екзополісахариду ксампану для стабілізації структури бісквітного напівфабрикату / О.В. Самохвалова, С.Г. Козлова, Н.І. Черевична // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : Вісник ХДТУГС. – 2003. – С.181-185.
156. Черевична Н. І. Вдосконалення технології бісквітного напівфабрикату з використанням микробного полісахариду ксампану / Н.І. Черевична, С.Г. Козлова, Ю.О. Смикалова // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування : Зб. наук. праць ХДАТОХ. – 2003. – Ч.1. – С.124-129.

157. Марципака Н. І. Використання ксампану в технології виробів з пісочного печива / Н.І. Марципака, О.В. Самохвалова // Зб. наук. праць. ОНАХТ: Одеса, 2006. – Вип. 29. – Т.2. – С.20-21.
158. Самохвалова О. В. Роль ксампану у створенні стійкої емульсії для приготування пісочного тіста / О.В. Самохвалова, Н.І. Марципака // Зб. наук. праць ЛНАУ. Серія «Технічні науки». – Луганська, 2008. – №88. – С.186-189.
159. Артамонова М. В. Вплив мікробних полісахаридів на якість кондитерських виробів з пінною структурою / М.В. Артамонова, О.В. Самохвалова // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування : Зб. наук. праць ХДАТОХ. – 2002. – Ч.1. – С.109-113.
160. Самохвалова О. В. Вдосконалення технології заварного напівфабрикату з використанням ксампану / О.В. Самохвалова, С.Г. Козлова, Н.І. Черевична // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : Вісник ХДТУСГ, 2003. – Вип. 22. – С.179-184.
161. Самохвалова О. В. Використання мікробних полісахаридів для підвищення якості заварного напівфабрикату / О.В. Самохвалова, С.Г. Олійник, Ю.О. Смикалова // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : Вісник ХДТУСГ, 2003. – Вип. 22. – С.72-78.
162. Харсійова А. М. Стабілізація пінної структури бісквіта «Буше» з використанням мікробного полісахариду ксампану / А.М. Харсійова, Ю.О. Чернікова, О.В. Самохвалова // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХ столітті : 72-а наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ : [матеріали]. – К., 2006. – Ч.2. – С.58.
163. Самохвалова О. В. Розробка технології пряників сирцевих з додаванням ксампану / О.В. Самохвалова, І.Ю. Хацкевич // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХ столітті : 73-а наук. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ : [матеріали]. – К., 2007. – Ч.2. – С.65.
164. Лисюк Г. М. Вивчення газоутворювальної здатності тіста для виробництва дієтичного хліба зі зниженим вмістом білка / Г.М. Лисюк, З. І. Кучерук, О.Т. Старчаєнко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харч. та торг. – Харків : ХДУХТ, 2004. – Вип. 1. – С. 65.
165. Пучкова Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий : учебное пособие / Л.И. Пучкова, Р.Д. Паландова, И.В. Матвеева. – СПб: ГИОРД, 2005. – 327 с.
166. Дрожжи «Саф-Левюр»: пышная, ароматная, настоящая домашняя выпечка – [Електронний ресурс] (9,2 КБ) – Режим доступу : <http://www.lesaffre.ru>.
167. ПрАТ «Компанія Ензим». Дріжджі «Львівські». Якість продукції – [Електронний ресурс] (16,0 КБ) – Режим доступу: <http://www.enzym.lviv.ua>.

168. Титов В. Н. Биологическое обоснование применения полиненасыщенных жирных кислот семейства ω -3 в профилактике атеросклероза / В.Н. Титов // *Вопр. Питания.* – 1999. – №3. – С. 34-40.
169. Самсонов М. А. Новое в профилактике и лечении атеросклероза, ишемической болезни сердца, гиперлипидемии и других заболеваний / М.А. Самсонов // *Вопр. Питания.* – 1995. – №4. – С. 33-34.
170. Сороковой К. В. Влияние диет с включением полиненасыщенных жирных кислот ω -3 на состояние Т-клеточного иммунитета у больных ишемической болезнью сердца и гиперлипидемиями / К.В. Сороковой, А.В. Погожева, К.В. Сергеева // *Вопр. Питания.* – 1997. – №5. – С.6-8.
171. Николаев Б. А. Структурно-механические свойства мучного теста. – М.: Пищ. пром.-ть, 1976. – 245 с.
172. Сборник рецептур на хлеб и хлебобулочные изделия / Сост. П.С. Ершов. – СПб.: Гидрометеиздат, 1998. – 192 с.
173. Серый содовый хлеб. Хлеб и Ко // *Изысканная выпечка. Лучшие рецепты мировой кухни.* – Москва: Eaglemoss Collections. – 2012. – № 5. – С. 8.
174. Едим дома. Ирландский содовый хлеб – [Электронный ресурс] (5,6 КБ) – Режим доступа: <<http://www.edimdoma.ru/retsepty/21085>>.
175. Шнейдер Д. Безбелковые и безглютеновые смеси для выпечки / Д. Шнейдер, Н. Казеннова // *Хлебопродукты.* – 2009. – № 2. – С. 38-39.
176. Фаррар Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР / Т. Феррар, Э. Беккет. – М.: Мир, 1973. – С. 299.
177. Горальчук А. Б. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: Навчальний посібник / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, О. О. Грінченко, М. І. Погожих та ін. / Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Харків, 2006. – 63 с.
178. Горбатов А. В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Маичхин и др. – М.: Легкая и пищ. пром., 1982. – 296 с.
179. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва : Навчальний посібник / В.І. Дробот [та ін.]. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
180. Дятлов А. Д. Об адгезии теста / А. Д. Дятлов, Н. Я. Мазур // *Пищевая технология.* – 1988. – №1. – С. 114–117.
181. Устройство для исследования адгезионных свойств пищевых продуктов / Потапов В.А., Жуков Е.В., Самойленко В.Л. и др. – Заявка на патент РФ №93-009959/28 (009217). – Приоритет от 26.02.93.
182. Жуков Є. В. Практикум для лабораторних занять з дисципліни «Методи контролю харчових виробництв». – Полтава: ПКІ, 2001. – 85 с.
183. Kaddour A. A. Dynamic NIR Spectroscopy to Monitor Bread Dough Mixing: A Short Review / A. A. Kaddour and B. Cuq // *American Journal of Food Technology.* – 2011. – №6 (3). – С. 173–185.
184. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия / А. Смит. – М.: Мир, 1982. – 328 с.

185. Браун Д. Спектроскопия органических веществ / Д. Браун, А. Флойд, М. Сейнзбери. – М.: Мир, 1992. – 305 с.
186. Холодова О. А. Удосконалення технології озонування пшеничного борошна для виробництва хлібобулочних виробів : дис.... канд. техн. наук : 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів» / Олена Анатоліївна Холодова. – Харьков, 2011. – 270 с.
187. Луцишина Е. Г. Изменчивость организации клейковинного комплекса в связи с качеством зерна пшеницы : дис.... д-ра. биол. наук : 03.00.04; 03.00.12 / Елена Гордеевна Луцишина. – К., 1992. – 344 с.
188. Мазур П. Я. Инфракрасные спектры пшеничной муки при созревании / П. Я. Мазур // Изв. ВУЗов. Пищ. Пром-ть. – 1987. – № 4. – С. 11–13.
189. Susi H. Protein structure by Fourier transform infrared spectroscopy: second derivative spectra / H. Susi, D. M. Byler // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1983. – Vol. 115. – P. 391–397.
190. Сафонова О. М. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини : дис.... д-ра. техн. наук : 05.18.01 / Ольга Миколаївна Сафонова. – К., 2007. – 335 с.
191. Alava J. M. The determination of wheat breadmaking performance and bread dough mixing time by NIR spectroscopy for high speed mixers / J. M. Alava, S. J. Millar and S. E. Salmon // J. Cereal Sci. – 2001. – Vol. 33. – P. 71–81.
192. Wesley I. J. Non-invasive monitoring of dough mixing by near infrared spectroscopy / I. J. Wesley, N. Larsen, B. G. Osborne and J. H. Skerrett // J. Cereal Sci. – 1998. – Vol. 27. – P. 61–69.
193. Дробот В. И. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности / В. И. Дробот. – К. : Урожай, 1988. – 152 с.
194. Оценка возможности использования продуцентов экзополисахаридов в хлебопекарном производстве / Е. В. Стабникова, В. И. Дробот, Т. А. Гринберг и др. / Изв. вузов. Пищ. технология. – 1985. – № 2. – С. 30–33.
195. Новые безбелковые продукты для лечебного питания больных хронической почечной недостаточностью / Г.С. Коробкина, М.Я. Бренц, Н.Я Курбатова [и др.] // Вопросы питания. – 1972. – № 2. – С. 3–7.
196. Кирюхина М. Новые сорта хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания / М. Кирюхина, Г. Дубцов, Д. Дубцова // Хлебопродукты. – 2006. – № 11. – С. 36–37.
197. Упаковка для хлібобулочних виробів [Електронний ресурс]. – Електронні текстові дані (42 КБ). – Режим доступу: <http://www.dbipackaging.ru>.
198. Ylimaki G. Response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: sensory measurements / G. Ylimaki [et al.] // Journal of Food Science. – 1991. – № 56. – P. 751–759.
199. Mariusz Witczak. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread / Mariusz Witczak [et al.] // Journal of Food Engineering. – January 2010. – Vol. 96. – Issue 2. – P. 258–265.

200. Торяник А. И. Определение влагосодержания в пищевых продуктах методом ЯМР : Методическое пособие для студентов вузов / А.И. Торяник, А.Г. Дьяков, Д.А. Торяник. – Х.: ХГУПТ, 2003. – 18 с.
201. Андреев А. Н. Производство сдобных хлебобулочных изделий / А.Н. Андреев. – СПб.: ГИОРД, 2003. – С. 461–562.
202. Пергамент растительный. Технические условия : ГОСТ 1341-97.– [Чинний від 01.01.1998]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 11 с.
203. Пленка полиэтиленовая термоусадочная. Технические условия : ГОСТ 25951-83. – [Чинний від 1985-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2007. – 15 с.
204. Пленка полиэтиленовая. Технические условия : ГОСТ 10354-82. – [Чинний від 1983-07-01]. – М.: Стандартинформ, 2007. – 23 с.
205. Корячкина С. Я. Использование пюре олепихи, калины, рябины в производстве изделий из дрожжевого теста : материалы Междунар. науч.-практ. конф.[“Продовольственный рынок и проблемы здорового питания]. – Орел : ОГТУ, 1999. – С. 59.
206. Карнаушенко Л. И. Использование вторичного сырья – один из путей повышения качества и пищевой ценности хлеба / Л.И. Карнаушенко, П.В. Медведев // Пути коренного улучшения продовольственного обеспечения в новых условиях хозяйствования. – Сумы, 1990. – С. 9.
207. Павлюк Р. Ю. Нанотехнології заморожених кріопаст із плодів та овочів з унікальними характеристиками – добавок для функціональних молочних продуктів / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, С. М. Лосева, Н. П. Максимова, А. С. Маціпура та ін. // Молокопереробка. – 2009. – №10 (49). – С. 25–29.
208. Погарська В. В. Наукове обґрунтування технологій каротиноїдних і хлорофілвмісних рослинних добавок: дис. ... докт. техн. наук : 05.18.13 «Технологія консервованих і охолоджених харчових продуктів»/ Погарська Вікторія Вадимівна; Одеська нац. академія харчових технологій. – Одеса, 2012. – 36 с.
209. Павлюк Р. Ю. Низькотемпературна активація гідрофільних властивостей каротиноїдів при отриманні наноструктурованих паст з каротиновмісних овочів для молочних продуктів / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, С. М. Лосева та ін. // МОЛОКОпереробка. – 2009. – № 10 (49) – С. 20–24.
210. Влияние пищевых волокон на реологические свойства теста : сб. респ. конф. [“Химия, медико-биологическая оценка и использование пищевых волокон] / Одесса, Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова , 1988. – С. 82.
211. Шакирова Р. З. Влияние овощей на качество изделий из дрожжевого теста : автореф. дис. на соискание степени канд. техн наук : 05.18.16 «Технология пищевых продуктов» / Р.З. Шакирова. – М., 1984. – 21 с.
212. Пат. 48212 Україна, МПК А21D 8/02. Спосіб виробництва хліба зі знизеним вмістом білка / Лисюк Г. М., Кучерук З. І., Луньова О. С. ; заявник і

патентовласник Харківський державний університет харчування та торгівлі (UA). – № u200909535 ; заявл. 17.09.2009 ; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.

213. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий / Патт В.А., Козанская Л.Н., Кузьминский Р.В. – М.: Пищепромиздат, 1989. – 495 с.

214. Химический состав пищевых продуктов. Кн.2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М Скурихина и М.Н. Волгарева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.

215. Основи фізіології харчування : підручник / Н.В. Дуденко, Л.Ф. Павлоцька, В.С. Артеменко та ін.. – Х. : Торнадо, 2003. – 407 с.

216. Борисенко О. В. Удосконалення технології хлібобулочних виробів, збагачених харчовими волокнами: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Борисенко Олена Вікторівна. – К., 2008. – 152 с.

217. Сафонова О. Н. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / О.Н. Сафонова, Ф.В. Перцевой. – Харьков, 2000. – 193 с.

218. Сафонова О. М. Управління якістю продуктів переробки сільськогосподарської сировини / О.Н. Сафонова, О.В. Богомолів. – Харьков, 2001. – 266 с.

219. Седюкин В. К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции / В.К. Седюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. – М.: ИИД «Филинь», Рилант, 2000. – 328 с.

220. Лудченко А. А. Основы научных исследований : Учеб. Пособие / А.А. Лудченко, Я.А. Лудченко, Т.А. Примаков ; под общ. ред. А.А. Лудченко. – 2-е изд., стер. – К.: О-во «Знания», КОО, 2001. – 113 с.

221. Фомин В. Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. Курс лекций / В.Н. Фомин. – М.: Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ». Изд-во «ЭКМОС», 2000. – 320 с.

222. Дорохович А. Н. Разработка научных основ технологии различных мучных кондитерских изделий улучшенного качества: дис. ...д-ра техн. наук : спец. 05.18.01 «Технология хлебопекарных, кондитерских и макаронных продуктов» / Антонелла Николаевна Дорохович . – К., 1988. – 433 с.

Наукове видання

КУЧЕРУК Зіновія Іванівна

ЦУКАНОВА Олена Сергіївна

**ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІСАХАРИДІВ РОСЛИННОГО І
МІКРОБНОГО ПОХОДЖЕННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ
БЕЗЫЛКОВОГО ХЛІБА**

Монографія

Авторська редакція

Підп. до друку_____. Формат 60х84 1/16. Папір офсет. Друк офсет.
Умов. друк. арк. 6,7. Обл.-вид. арк. 8,3. Тираж 100 прим. Замовл. № _____.

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