

УДК 664.65

№ держреєстрації 0119U003668


Інв. №

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Алчевських, 44, м. Харків, 61002

тел. +38(057) 7003888 [http:// btu.kharkov.ua](http://btu.kharkov.ua), [info@btu.kharkov.ua](mailto:info@btu.kharkov.ua)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Проректор з наукової роботи  
Валерій МИХАЙЛОВ



**ЗВІТ**

ПРО НАУКОВО- ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ, МІКРОБІОЛОГІЧНИХ,  
БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ  
З ЗЕРНА ТА БОРОШНА»  
(остаточний)**

Керівник НДР  
к.т.н., доцент



Т.В. Гавриш

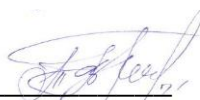
Харків 2022

Рукопис закінчено 29 листопада 2022 року

Результати цієї роботи розглянуто науково-технічною радою факультету переробних і харчових виробництв, протокол №3 від 15.12.2022 р.

## СПИСОК АВТОРІВ


Керівник НДР  
завідувачка кафедри ТХКВ  
канд. техн. наук , доцент

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)  
01.12.2022р.  
(дата)

Гавриш Т.В.  
(розділ 1, 3)


Відповідальні виконавці:

доктор техн. наук, професор

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)  
01.12.2022р.  
(дата)


Шаніна О.М.  
(розділ 4, 5)

канд. техн. наук, доцент

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)  
01.12.2022р.  
(дата)

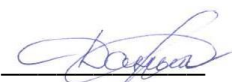
Фоміна І.М.  
(розділ 2, висновки)

ст. викладач

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)  
01.12.2022р.  
(дата)

Боровікова Н.О.  
(розділ 1)

асистент

  
\_\_\_\_\_  
(підпис)  
01.12.2022р.  
(дата)

Даньшин Я.В.  
(вступ, розділ 3)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 105 с., 26 рис., 20 табл., 115 джерел.

РИСОВО-КУКУРУДЗЯНЕ БОРОШНО, ПСИЛІУМ,  
ВОЛОГОУТРИМУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ, БЕЗГЛЮТЕНОВИЙ ХЛІБ, АГАР,  
ЖЕЛАТИН.

**Об'єкт дослідження** – технологія безглютенових макаронних виробів на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна з використанням в якості структуроутворювача добавку псиліум; технологія дріжджового безглютенового хліба на основі рисового борошна з використанням в якості структуроутворювачів добавок білкової і полісахаридної природи

**Мета роботи** – наукове обґрунтування і розробка інноваційної технології безглютенової хлібобулочної та макаронної продукції шляхом використання структуроутворюючих добавок

**Методи дослідження** – аналітичні, фізичні, фізико-хімічні, органолептичні та біохімічні методи визначення якості напівфабрикатів і готових виробів та обробки експериментальних даних.

**Наукова новизна одержаних результатів.** доведено ефективність використання борошняних сумішей на основі рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 30:70 у технології виробництва безглютенових макаронних виробів. Встановлено можливість використання псиліуму як структуроутворювача та науково обґрунтовано його позитивний вплив на основні складові борошна та тіста;

– встановлено за додавання псиліуму збільшення частки міцнозв'язаної вологи в тісті при внесенні псиліуму, що призводить до покращення реологічних властивостей тіста та готової продукції;

– ефективність застосування псиліуму зумовлює посилення пружно-еластичних та зниження пластичних властивостей, зниження міцності адгезії

тіста на основі безглютенових борошняних сумішей. Рекомендована кількість псиліуму 3% до маси борошна;

– обґрунтовано можливість застосування процесу заварювання борошняної суміші для забезпечення структуроутворення при виготовленні безглютенових макаронних виробів

– встановлено за додавання структуроутворювачів харчового желатину та агару збільшення частки міцнозв'язаної вологи в тісті, що призводить до покращення властивостей тіста на основі рисового борошна та хліба.

– встановлено ефективний вплив добавок на пористу структуру безглютенового рисового хліба. Рекомендовано додавання 0,1 % желатину сумісно з 0,025% агару до маси борошна, що дозволяє покращити пористість на 26...29%, формостійкість і питомий об'єм хліба на 15...17%.

– – досліджено, що при додаванні поліпшуючих добавок змінюється буферна ємність водно-борошняної суспензії та електричний заряд білкових молекул. Це призводить до конформаційних змін у структурі макромолекул білків внаслідок збільшення кількості зв'язаних іонів водню.

– – доведено ефективний вплив добавок білкової та полісахаридної природи на водоутримуючу здатність тіста. Ефективність діє добавок зростає зі збільшенням вологості тіста. Покращується вологоутримання тіста, швидкість випаровування вологи знижується на 30 %. Зростає стійкість виробів до черствіння, термін зберігання хліба подовжується до 48 годин.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ.....	9
1.1 Целиакія як захворювання.....	10
1.2 Технологічний потенціал рисового і кукурудзяного борошна та досвід їх застосування у виробництві безглютенової продукції.....	11
1.3. Теоретичні і практичні аспекти використання гідроколоїдів та білків для поліпшення структури безглютенового хліба.....	21
1.4 Характеристика псиліуму.....	27
1.5. Фізико-хімічні, колоїдні та інші процеси утворення хлібного тіста.....	28
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
2.1. Матеріали та об'єкти досліджень.....	40
2.2. Методи обробки результатів.....	41
2.3 Методи досліджень напівфабрикатів.....	42
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО БОРОШНА, ПСИЛІУМУ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ.....	45
3.1 Дослідження органолептичних та фізико-хімічних властивостей макаронних виробів з використанням нетрадиційної сировини.....	45
3.2 Обґрунтування кількості поліпшуючої добавки псиліум у технології безглютенових макаронних виробів.....	49
3.3 Дослідження способу внесення псиліуму до макаронного тіста.....	52
3.4 Обґрунтування технологічних режимів виробництва макаронних виробів з псиліумом.....	54

3.5 Дослідження вологоутримуючої здатності тіста з безглютенового борошна з псиліумом.....	60
3.6 Застосування елементів системи НАССР при розробці технологій макаронних виробів.....	64
3.7 Кваліметрична оцінка якості макаронних виробів.....	66
РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА З ДОБАВКАМИ.....	71
4.1. Визначення раціонального співвідношення поліпшуючих добавок.....	71
4.2. Вплив рецептурних компонентів на якість безглютенового рисового хліба.....	76
4.3. Обґрунтування технологічних режимів тістоведення.....	79
РОЗДІЛ 5 ВИВЧЕННЯ СТАНУ БІОПОЛІМЕРІВ, МІКРОФЛОРИ І ВОДИ В БЕЗГЛЮТЕНОВОМУ ТІСТІ.....	84
5.1. Вплив добавок білкової та полісахаридної природи на вологоутримуючу здатність тіста з рисового борошна.....	84
5.2. Титриметричний аналіз взаємодії біополімерів борошняної сировини з структуроутворювачами білкової та полісахаридної природи.....	88
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

На даний час в Україні і в цілому світі все більше людей починають вести здоровий спосіб життя. Дотримування дієт, вживання функціональних продуктів і добавок все це є початковий етап до ведення здорового способу життя. Але якщо подивитися з іншого боку на дану статистику людей, які хочуть дотримуватися здорового способу життя, то можна виділити ту частину яка хвора на різні генетичні захворювання. Одним з таких захворювань є глютеніна ентеропатія (целиакія) – генетичне захворювання, що викликається негативною дією глютену на тонкий кишечник при вживанні глютенісних продуктів. Тому перед харчовою промисловістю стоїть важливе завдання розширення технологічних можливостей для запровадження нових технологій, які спрямовані на виробництво продуктів дієтичного і функціонального призначення та модернізація і удосконалення вже існуючих технологій.

В даний момент на українському ринку значну кількість безглютенісних продуктів займають вироби імпортного виробництва, таких країн як Німеччина, Польща, Італія, Фінляндія, що мають достатньо велику ціну, проте попит на дану продукцію зростає.

Підставою для отримання макаронісних виробів на основі безглютенісної сировини є той факт, що серед населення зростає кількість захворювань з порушенням обміну речовин, таких, як фенілкетонурія та целиакія. Єдиним ефективним і безпечним методом лікування целиакії є дотримання протягом усього життя суворої безглютенісної дієти. Для хворих на целиакію вона полягає у виключенні з раціону харчування продуктів, які містять глютен. Раціон харчування для цих хворих дуже обмежений, тому перспективним напрямом розширення асортименту дієтичних макаронісних виробів є виготовлення безглютенісних продуктів[1]. Безглютенісні види борошна, на противагу пшениці або жита, не містять клейковинного білка (глютену). Глютен – це рослинний білок, його назва з латинської перекладається як «клей». Глютен відповідає за в'язкість і клейкість отриманого зі злаків борошна, тримає вологу та в деяких випадках не дає продуктам засохнути. Саме тому його ще називають

клейковиною[2]. Для формування макаронних виробів глютен повинен бути присутнім у тісті і виконувати роль структурного каркасу. У зв'язку з його відсутністю у безглютеновому борошні виробництво макаронних виробів пов'язане з певними труднощами.

Різними зарубіжними авторами раніше встановлено, що структуроутворення у безглютенових макаронних продуктах може забезпечуватись за рахунок клейстеризації крохмалю сировини.

Недоліками всіх цих технологій із застосуванням різних структуроутворювачів є складність ведення технологічних прийомів та використання великої кількості поліпшувачів.

При виготовленні безглютенових харчових продуктів, як структуроутворювачі найчастіше використовуються різні види крохмалю, камедей та похідних целюлози.

У роботах російських та зарубіжних вчених передбачено використання різної кількості борошна для заварювання, різна вологість сумішей, різна температура та тривалість технологічних процесів, або застосовується екструзійна обробка тіста. Крім того, є дані, що вироби не завжди мають високі показники якості.

Таким чином, актуальним є розробка технології безглютенового хліба та хлібобулочних виробів з метою забезпечення дієтичним хлібом хворих на целиацію, а також людей які займаються здоровим харчуванням.

Нами запропоновано використовувати у якості поліпшувача безглютенового борошна псиліум. Псиліум – це лушпиння насіння подорожника Він на 80-85 % складається з клітковини і не має жодного вираженого смаку [3].



## РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

Останнім часом все більш актуальною є проблема непереносимості білка злакових культур – глютену. Спостерігається тенденція підвищення кількості людей, хворих на целиацію, та тих, що мають алергію на глютен. Небезпечність таких захворювань полягає в тому, що глютенівмісні продукти не обмежуються хлібом, макаронними виробами та крупами, а їх асортимент значно ширший, включаючи соуси, напої, м'ясні напівфабрикати, кондитерські вироби тощо. Наразі не існує способу медикаментозного лікування целиації. Хворі повинні дотримуватися постійної безглютенової дієти.

Популяризація безглютенового харчування сьогодні спонукає виробників використовувати альтернативні види борошна у виробництві продуктів щоденного споживання. Дана тенденція дозволяє максимально використовувати потенціал круп'яних культур, насамперед – рису, кукурудзи, гречки, сорго тощо. Це дозволяє розширити асортимент вітчизняних безглютенових продуктів, надає можливість виробникам більш повно використовувати ресурси виробництва, а споживачам отримати продукт високої якості за доступною ціною.

Наразі в Україні розроблено широкий асортимент безглютенової продукції – хлібобулочних, макаронних, кондитерських виробів, харчових концентратів, продуктів дитячого харчування. Проте, залишаються невирішеними дві основні проблеми – досягнення структури, що не поступається виробам з пшеничного борошна та підвищення харчової цінності. Тому розуміння основних аспектів формування якості безглютенових макаронних та хлібобулочних виробів, регулювання властивостей та доцільні використання структуроутворювачів, що здатні поліпшувати структуру та харчову цінність готових виробів дозволить отримати доступний для всіх верств населення вітчизняний продукт з підвищеними показниками якості.

## 1.1. Целіакія як захворювання

Безглютенові вироби призначені для харчування хворих на целіакію, людей з алергією на пшеничне борошно і його непереносимістю. Точна кількість хворих на целіакію в Україні не встановлена, що пов'язано з великою кількістю форм протікання захворювання у дітей і дорослих, а також складною його діагностикою. За різними даними частота захворювання на целіакію у різних країнах коливається від 1:51 до 1:250. Крім того, сьогодні зростає обізнаність населення про непереносимість глютену і люди вибирають безглютенові продукти, як атрибут здорового харчування. У західних країнах вживання безглютенових продуктів стає нормою життя, що сприяє зростанню їх випуску. Безглютенові вироби є досить популярними у США, країнах Європи, Росії [4, 5].

Целіакія — автоімунне захворювання тонкого кишечника. Виникає у людей різного віку, переважно у дітей внаслідок генетичної схильності. Симптомокомплекс порушень при целіакії включає біль та дискомфорт в ділянці живота, хронічні закрепи або діарею [6].

Люди з діагнозом целіакії не переносять білок глютен, який є в пшениці, житі, ячмені і, можливо, у вівсі. Коли хворі целіакією вживають продукти, що містять глютен, їх імунна система відповідає на це ушкодженням тонкого кишківника. На внутрішній його поверхні відмирають крихітні пальцеподібні ворсинки, так звані «віллє», які виконують в кишківнику важливу роль: через них поживні речовини з їжі всмоктуються в кров. Без цих ворсинок організм виснажується незалежно від кількості вживаної їжі. Поверхня кишківника ушкоджується місцями. На внутрішній поверхні тонкого кишечника одночасно можуть знаходитися одна або декілька «мертвих» плям.

За даними Всесвітньої асоціації гастроентерологів, опублікованими в 2005 році, поширеність целіакії у дорослого населення країн світу приблизно однакова і становить 1: 100 – 1: 300. На сьогодні статистики щодо захворюваності на целіакію в Україні немає. Ризик виникнення целіакії в сім'ях, де є хворий на целіакію становить 1:10. Целіакія може розвиватися у дітей до

року після введення прикорму, що містить глютен. Так само вперше розвиток целиакії можливий у віці 40-50 років.

## **1.2. Технологічний потенціал рисового і кукурудзяного борошна та досвід їх застосування у виробництві безглютенової продукції**

Класичні рецептури безглютенового хліба засновані на використанні борошна рисового, кукурудзяного або їх комбінування у різних співвідношеннях. Перевагу цим видам борошна надають завдяки високому вмісту крохмалю та відносній нейтральності смакових характеристик. Дослідження ринку хліба та хлібобулочних виробів України, проведене вченими Львівської політехніки показало, що пріоритетними напрямками впровадження інновацій на вітчизняні підприємства є виробництво хліба з рисового та кукурудзяного борошна [1]. Продукти з рису мають цілий ряд переваг: повноцінний амінокислотний склад, легкозасвоювані вуглеводи, гіпоалергенність, а також запобігають синерезису і мають відбілюючі властивості [2]. У виробництві кондитерських і макаронних виробів, продукції дієтичного та дитячого харчування використовують рисову крупу і побічні продукти її виробництва (наприклад, рисову мучку), рисове борошно, рисовий крохмаль [3, 4].

Рисове борошно є джерелом широкого спектра природних мікроелементів, вітамінів і мінеральних речовин, що обумовлює його виключну користь у харчуванні. Суттєвою відмінністю рисового борошна є високий вміст крохмалю (понад 80%), що легко перетравлюється та засвоюється, низький вміст клітковини (0,4...0,5%) і моно- та дисахаридів (0,4...0,5%) [5]. Відношення амілози та амілопектину в крохмалі визначає його структурні характеристики. В рисовому крохмалі міститься більша кількість амілопектину, що обумовлює його підвищену гігроскопічність та набухання. Зерна рисового крохмалю мають багатокутну форму і утворюють непрозорі клейстери низької в'язкості, що характеризуються високою стабільністю під час зберігання (для порівняння — зерна пшеничного крохмалю мають круглу або еліптичну форму, переважно

розміром 25—35 мкм) [6]. Крім того, крохмаль рису характеризується незначними розмірами гранул від 5 до 6 мкм [7, 8], що призводить до збільшення питомої поверхні, яка контактує з водою при замішуванні тіста. Ці дані корелюють з дослідженням коефіцієнту вологопоглинання рисового борошна, що певною мірою характеризує процес абсорбції, значення якого є відносно високим [9].

Водозв'язувальна здатність рисового борошна є незначною (132%), що пов'язано з низьким вмістом харчових волокон (2,3%). Відносно низька водопоглинальна здатність рисового борошна також пояснюється тим, що у ньому міститься мало білкових речовин. Крохмаль ендосперму зернівки рису утворює щільні асоціати з білком, що погіршує процес адсорбційного поглинання води частинками рисового борошна, а також осмотичного поглинання води білками [10, 11].

Встановлено, що рисове борошно має титровану кислотність 2,2 град. Це значення обумовлено його хімічним складом. При його виробництві видаляються оболонки та зародок рису, тому борошно містить мало органічних кислот, про що свідчить значення активної кислотності рН (5,65-5,7 од. приладу).

Успішність перебігу технологічного процесу та забезпечення високої якості хліба значною мірою залежать від наявності в борошні та тісті цукрів, які є живленням для дріжджових клітин. Вміст моно- та дисахаридів в рисовому борошні становить 0,7%, що у 2,5 рази менше, ніж у пшеничному. При цьому, аналіз літературних джерел показує, що активність амілолітичних ферментів в продуктах переробки рису є невеликою [12].

Аналіз хімічного складу [13] свідчить про те, що рисове борошно містить у 2 рази менше жиру ніж пшеничне. Ліпіди, представлені у незначній кількості (0,6%) відіграють важливу роль у визначенні харчової цінності і стійкості продукту при зберіганні та характеризуються високим вмістом ненасичених жирних кислот. Останні, з одного боку, підвищують біологічну цінність продукту, а з іншої, є причиною легкого їх окиснення.

Рисове борошно містить невелику кількість повноцінного рослинного білка (в середньому 7,4%). Проте, порівняно з білками інших хлібних злаків, рисовий білок має вищу біологічну цінність, є збалансованим за амінокислотним складом та добре засвоюється організмом (коефіцієнт засвоюваності – 95,9%) [14].

Аналіз фракційного складу білка рисового борошна [15] показує, що доля проламіна у ньому не перевищує 2-3%. Крім того, рисове борошно багате на вітаміни (B1, B2), фосфоровмістні речовини, в тому числі особливо цінні - фітин і лецитин [16].

Рисове борошно використовують для підвищення харчової цінності або як самостійний інгредієнт в технології хліба і борошняних кондитерських та макаронних виробів [17]. Таке борошно виготовляють з рисової крупи «Екстра» або з дробленої рисової крупи.

На сьогодні досвід використання продуктів переробки рису у безглютенових виробках достатньо широкий. Співвідношення вітамінів, мікроелементів, крохмалю наділяє дієтичний продукт корисними властивостями. На основі використання рисового борошна розроблено рецептури безглютенового хліба, мафінів, хрустких хлібців, печива, бісквітів, макаронних виробів, тощо [18]. Основними напрямками використання рисового борошна у перелічених продуктах є розробка сумішей крохмалів з рисовим борошном у різних співвідношеннях, використання ферментних препаратів, застосування структуроутворювачів полісахаридної та білкової природи тощо.

Так, вченими Національного університету харчових технологій розроблено рецептури безглютенового хліба, в яких 30% рецептурної кількості картопляного крохмалю було замінено рисовим борошном [19]. Дослідження показали, що стан вуглеводно-амілазного комплексу борошна не може забезпечити необхідної для розпушення тістових заготівель інтенсивності процесу спиртового бродіння в безглютеновому тісті. З метою забезпечення бродіння рекомендують додавати цукор (3%), що обумовлює достатнє розпушення тістових заготівель та протікання реакції меланоїдиноутворення.

Хліб з додаванням рисового борошна мав найкращу якість за об'ємом та показниками структури пористості. Такі показники обумовлені хімічним складом борошна, станом крохмалю та крупністю часточок [20].

Д. Шнайдер та О. Крилова [21] досліджували якість безглютенового хліба з суміші кукурудзяного крохмалю та рисового борошна у різних співвідношеннях. Підвищення дозування рисового борошна більше 30% в суміші збільшує об'єм хліба, м'якушка стає дрібнопористою, колір набуває сірого відтінку. При збільшенні дозування більше 40% до маси крохмалю в суміші різко погіршується якість хліба, м'якушка стає крихкою та щільною. Дослідження мікроструктури м'якушки хліба з додаванням 30% рисового борошна відрізняється менш щільною структурою, у якій помітні пустоти, заповнені повітрям, що обумовлює збільшення питомого об'єму хліба. При дослідженні реологічних властивостей м'якушки хліба на структурометрі було виявлено, що пластичні властивості пшеничного та рисового хліба однакові, при цьому пружна деформація рисового хліба вища за пшеничний.

На основі змішування крохмалів з рисовим борошном розроблено рецептуру безглютенових макаронних виробів [22]. Встановлено, що рекомендована температура тіста в шнековій камері макаронного пресу складає 75 С, а вологість не менше 34%. Такі умови забезпечують отримання виробів високої якості. При зниженні вологості тіста спостерігається зниження коефіцієнту пружності напівфабрикатів і з'являється неоднорідність кольору на поверхні виробів. Вміст сухих речовин у варильному середовищі при оптимальних умовах замісу складає не більше 6%. Температура сушіння таких макаронних виробів не повинна перевищувати 60 С, оскільки за вищих температур в процесі стабілізації на поверхні з'являються тріщини.

В технології безглютенових продуктів використовують також побічний продукт переробки рису - рисову мучку. Дані, опубліковані в науково-технічній літературі, а також досвід роботи підприємств ряду зарубіжних країн свідчить про те, що дроблену рисову крупу, перероблену в борошно можна успішно використовувати при виробництві хлібобулочних та борошняних кондитерських

виробів [30]. Проте, у переважній більшості випадків, досягти прийнятної якості безглютенових виробів можна лише за умови використання добавок-поліпшувачів структури тіста, здатних імітувати клейковинний каркас.

І. Медвідь, О. Шидловська та В.Доценко розробили технологію рисового безглютенового хліба з застосуванням ферментів амілолітичної дії з метою модифікації вуглеводного складу рисового тіста для активізації в ньому мікробіологічних процесів та покращення якості готових виробів [23]. У результаті проведених досліджень встановлено, що використання амілолітичних ферментів у технології рисового хліба сприяє більш інтенсивному перебігу мікробіологічних процесів у тісті, що виявляється в активізації в ньому газо- та кислотонакопичення, зміні окисно-відновного стану середовища. Це зумовлено збільшенням у тістових заготовках кількості поживних для бродильної мікрофлори цукрів, що утворюються внаслідок гідролізу крохмалю рисового борошна під дією  $\alpha$ -амілази та глюкоамілази. На основі отриманих даних з визначення впливу модифікації крохмалю борошна амілазами на перебіг мікробіологічних процесів у тісті рекомендовано встановити тривалість бродіння тістових заготовок 45—50 хв. Використання ферментів у технології рисового хліба позитивно впливає на питомий об'єм тіста та сприяє покращенню пружно-еластичних властивостей м'якушки готових виробів.

Також існує досвід застосування протеаз для поліпшення якості безглютенового хліба на основі рисового борошна. Використання Бацілолізину, Папаїну та Сабтилізину сприяє підвищенню питомого об'єму рисового хліба на 30...60% та утворенню дрібнопористої структури м'якушки. Розділення білкових фракцій у додецил-поліакриламідному гелі показало підвищення кількості низькомолекулярних фракцій білка, тому можна стверджувати, що внесення протеаз сприяє агрегації білків з формуванням додаткових дисульфідних зв'язків. Утворення такої структури ефективно утримує  $\text{CO}_2$ , що виділяється при бродінні тіста та обумовлює підвищення питомого об'єму безглютенового хліба [24, 25].

Перспективним напрямком розширення асортименту безглютенових виробів на основі рисового борошна та поліпшення їх якості є застосування ферменту трансглютаміназа. Цей ензим може змінювати протеїни допомогою амінування, утворення поперечних зв'язків або дезамінування. Утворення поперечних зв'язків відбувається тоді, коли  $\epsilon$ -аміногрупи залишків лізину в протеїнах діють як ацилові акцептори. При цьому утворюються всередині-і міжмолекулярні  $\epsilon$ -( $\gamma$ -Glu) Lys-зв'язку (ізопептидного зв'язку) [31]. У відсутності первинних амінів в реакційній системі вода виконує функцію ацилового акцептора. Внаслідок цього відбувається дезамінування залишків глютаміну.

Трансглютаміназа може стати каталізатором вбудовування первинних амінів у протеїни. Вона здатна зв'язувати протеїни різного походження: казеїни і альбуміни з молока, тваринний білок з яєць і м'яса, соєвий і пшеничний протеїн [32, 33]. Трансглютамінази, що використовують в хлібобулочному виробництві, походять з культур мікроорганізмів. Вони позитивно впливають на протеїни зернових; додавання цих ферментів дозволяє домогтися більш високого об'єму тіста. Їх пропонують застосовувати для виробництва безглютенового хліба [34] для поліпшення структурно-механічних властивостей м'якушки.

Існує досвід використання трансглютамінази в технології рисового безглютенового хліба [35, 36, 37], макаронних виробів [38], мафінів [39]. Фермент здатен ефективно поліпшувати органолептичні та технологічні властивості виробів - підвищувати питомий об'єм та покращувати пористість в хлібобулочних та кондитерських виробах, знижувати перехід сухих речовин у варильне середовище та підвищувати міцність макаронних виробів.

Сьогодні на ринку представлений широкий асортимент безглютенових продуктів зі структуроутворювачами полісахаридної природи для поліпшення технологічних та споживчих властивостей продуктів на основі рисового борошна. На базі Віденського університету природних ресурсів розроблено технологію рисового безглютенового хліба з додаванням різних фракцій рисових висівок та гідроксіпропілметилцелюлози (ГПМЦ). Встановлено, що для отримання виробів високої якості вміст висівок обмежують 10% за умови



використання 3% ГПМЦ. Готові вироби відрізняються більш високими значеннями питомого об'єму, дрібнопористою структурою. Крім того, внесення харчових волокон, спряє підвищенню біологічної цінності продукту та подовженню терміну його зберігання [26].

Також для підвищення якості безглютенового хліба на основі рисового борошна рекомендують застосовувати суміш ГПМЦ та карбоксиметилцеллюлози (КМЦ) що забезпечує тісто необхідними показниками в'язкості для утримання пухирців CO<sub>2</sub> в процесі бродіння, а також обумовлює отримання щільної та дрібнопористої структури м'якушки та доброго питомого об'єму готових виробів [27]. Крім того, перспективні результати показали дослідження сумісної дії КМЦ з камеддю ксантану [28] та пектином [29] для поліпшення якості рисового безглютенового хліба.

Досить розповсюдженими є безглютенові вироби на основі рисового борошна з використанням добавок білкової природи, а саме з білками молочної сироватки, ячними, колагеновими, тощо. Розроблені рецептури рисових безглютенових макаронних виробів, що містять у своєму складі концентрат білка молочної сироватки та ячний альбумін [40]. Вироби характеризуються підвищеною харчовою цінністю, покращеними структурно-механічними характеристиками та зниженим переходом сухих речовин у варильне середовище (4,38–4,63% порівняно з 15,25 - 15,53% у виробках без білкових добавок).

Існує можливість включення білків з різних джерел (тваринних та рослинних) для покращення структурних та текстурно-формуєчих властивостей безглютенового хліба [41]. Через їх відмінні функціональні властивості, протеїни тваринного походження широко досліджені і використовуються в харчових системах. Зокрема, до протеїнів, що використовуються при розробці безглютенових продуктів, відносять концентрати тваринних білків – Сканпро Т95 та Геліос-11 [42]. Асортимент безглютенових виробів з використанням рисового борошна та концентратів тваринних білків досить широкий - зокрема,

різні види хліба (безглютенний та бездріжджовий), борошняні формовані вироби, макаронні вироби, борошняні кондитерські вироби тощо [43-47].

Але, основним недоліком рисового борошна як базового компоненту безглютенних продуктів є його низька харчова цінність та той факт що рис та рисове борошно є, в основному, імпортованим товаром в Україні [48]. Іншим розповсюдженим видом борошна для виробництва безглютенних продуктів є кукурудзяне. Аналітики й експерти USDA-PSD згідно з даними періодичного звіту World Agricultural Production від 18 вересня 2018 р. прогнозують, що виробництво кукурудзи в Україні рекордно зросте порівняно з минулим роком і становитиме близько 31 млн т. [49]. Тому з економічної точки зору кукурудзяне борошно є більш привабливим для виробників безглютенного хліба.

Кукурудзяне борошно порівняно з рисовим має більше білка (в середньому 10,5%), який в основному представлений проламінами з низькою водопоглинальною здатністю [50]. Крім того в ньому міститься більше ліпідів, цукрів та геміцелюлози. Це борошно багате на калій, кальцій, магній та фосфор, вітаміни E, B2 та біотин. У складі жирів кукурудзяного борошна переважають поліненасичені. Продукти переробки кукурудзи рекомендують при захворюваннях печінки, подагрі, нефриті, серцево-судинних захворюваннях. Завдяки вмісту глютамінової кислоти і фітіна, її призначають при захворюваннях центральної нервової системи.

Кукурудзяне борошно має більшу газоутворюючу здатність у порівнянні з рисовим, внаслідок більш високої атакуємості крохмалю амілолітичними ферментами [51]. За станом вуглеводно-амілазного комплексу кукурудзяне борошно містить 1,2% власних цукрів, його цукроутворювальна здатність становить 120,6 мг мальтози на 10 г борошна. Автолітична активність цього борошна за автолітичною пробою і числом падіння вища, ніж рисового, а що позначається на його газоутворювальній здатності.

Динаміка виділення діоксиду вуглецю [52] свідчить, що перший пік газоутворення в тісті з кукурудзяного борошна спостерігається через 30 хв бродіння. В подальшому інтенсивність бродіння різко знижується, що, очевидно,

є результатом недостатньої кількості цукрів внаслідок низької активності амілаз борошна та більшої крупності його частинок. Кукурудзяне борошно за крупністю найближче до пшеничного обойного, воно не має залишку на ситі № 067, а прохід його крізь сито № 41/43 на 31 % більший мінімального нормованого значення. Порівняно з борошном рисовим воно значно крупніше.

Кукурудзяне борошно рекомендують застосовувати у технології безглютенових виробів у різних варіаціях. За результатами дослідження Скотта Біна зроблено висновок, що при видаленні жирової складової кукурудзяного борошна, білки кукурудзи створюють речовину, схожу на клейковину пшеничного тіста, що дозволяє отримати кукурудзяний хліб високої якості, що нагадує пшеничний [53]. Крім того, широкого розповсюдження набуло використання екструдованого кукурудзяного борошна. Екструзійну обробку застосовують для отримання конкурентоздатних продуктів з задалегідь заданими властивостями, що здатні завдяки модифікації технологічних властивостей стабілізувати процес виробництва безглютенових продуктів [54]. Проте, у переважній більшості в технології безглютенових виробів використовують обойне кукурудзяне борошно без додаткових способів обробки.

При створенні безглютенових продуктів з кукурудзяного борошна використовують технологічні прийоми, аналогічні виробам з рисового борошна. Для покращення структури застосовують такі ж структуроутворюючі добавки полісахаридної та білкової природи і ферментні препарати. Наприклад, при виробництві безглютенового хліба з метою забезпечення необхідних структурно-механічних властивостей тіста рекомендують додавати камеді гуару і ксантану в кількості 1 % до маси сипких компонентів рецептури, що дозволяє отримати хліб з добрими технологічними властивостями [55]. Для підвищення харчової цінності такого хліба рекомендують вносити вершкове масло у кількості 2–6 %, та яечний меланж у кількості 4–6% до маси крохмалевмісної сировини. Додання меланжу значно покращує формостійкість виробів. Яечні продукти сприяють утворенню більш інтенсивного забарвлення не лише скоринки, але й м'якушки. Додання масла вершкового поліпшує стан м'якушки:

утворюється дрібна тонкостінна пористість, покращується еластичність, що очевидно зумовлено сприятливою дією жиру на камедь ксантану.

Розроблено технологію безглютенових макаронних виробів на основі кукурудзяного борошна та камеді ксантану [56]. Встановлено зниження ламкості виробів та переходу сухих речовин у варильне середовище.

Також відома технологія виробництва кукурудзяного безглютенового хліба з додаванням альбуміну та колагенових білків [57]. Внесення даних добавок сприяє суттєвому збільшенню питомого об'єму хліба та пористості. Крім того, хліб з добавками має подовжений термін зберігання завдяки зниженню ретроградації амілопектину. Вченими Краковського університету сільського господарства розроблено технологію безглютенового хліба на основі кукурудзяного борошна та колагенових білків Newipro HP95 [58]. Отримані результати також вказують на значне поліпшення реологічних властивостей тіста та структури готових виробів. Також, для поліпшення структури кукурудзяних безглютенових продуктів використовують ферментні препарати, насамперед трансглютаміназу [35, 59] та протеази [60].

Однак, ідею використання структуроутворювачів різної природи в технологіях безглютенових продуктів не можна реалізувати у повній мірі через обмежені технологічні властивості кукурудзяного борошна. Тому, аналіз хімічного складу, харчової цінності і технологічних властивостей безглютенових видів борошна показав, що для розробки рецептур більш доцільно використовувати одночасно два види борошна: кукурудзяне і рисове [61]. Крім того, при розжовуванні хліб з кукурудзяного борошна має жорстку, а хліб з рисового — липку м'якушку. З суміші цих видів борошна м'якушка більш еластична і не липка. Смак хліба з суміші також більш приємний, не відчувається яскраво вираженого присмаку рисового або кукурудзяного борошна, характерного для виробів, виготовлених лише з одного з цих видів борошна.

Існує досить широкий досвід використання рисово-кукурудзяної суміші в технології безглютенового хліба. Так, вчені Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка

запропонували виробництво безглютенових бездріжджових хлібних виробів з кукурудзяного та рисового борошна у співвідношенні від 50:50 до 30:70 відповідно, з використанням для розпушення тіста гідрокарбонату натрію та інтенсивної механічної обробки [62].

Також розроблено спосіб приготування хліба на основі суміші рисового та кукурудзяного борошна в комбінації з соєвими білками ізолятами з використанням ксантану або модифікуючих крохмалів [63].

О.В. Бортнічук, В.Ф. Доценко та В.В. Цирульнікова досліджували вплив структуроутворювачів полісахаридної природи на якість хліба, виготовленого з суміші рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 50:50. Результати їх досліджень показали, що доцільно використовувати комбінацію структуроутворювачів ксантан : ГПМЦ у співвідношенні 0,5:1 в кількості 1—1,5% до маси борошна. Це забезпечує одержання виробів з гарним об'ємом, гладкою поверхнею, добре розвинутою, рівномірною та тонкостінною структурою пористості м'якушки [64].

Але, відомі способи покращення безглютенових продуктів на основі рисового і кукурудзяного борошна не забезпечують отримання продуктів високої якості. У літературних джерелах достатньо широко описані результати використання гідролоїдів та білкових добавок в безглютеновому тісті, однак ці дані потребують узагальнення для кращого розуміння протікання процесів тістотворення, що надасть можливість отримати тісто з певними структурно-механічними властивостями і забезпечувати високу якість виробів.

### **1.3. Теоретичні і практичні аспекти використання гідролоїдів та білків для поліпшення структури безглютенового хліба**

Відсутність у рисовому та кукурудзяному тісті клейковинних білків унеможлиблює отримання з них хліба високої якості, тому в тісто додають структуроутворювачі - гідролоїди (камеді рослинного і мікробного походження, пектин, желатин, агар-агар, альгінати, модифіковану целюлозу (КМЦ і ГПМЦ), карагегани,  $\beta$ -глюкан тощо) та білки (концентрати тваринних

білків, желатин, альбуміни, рослинні та тваринні ізоляти тощо). Ці речовини підвищують в'язкість тіста, завдяки чому підвищується його газоутримувальна здатність [65]. У рецептурах виробів може бути використана одна речовина або декілька у різному співвідношенні, що по-різному впливають на якість готової продукції. Якість виробів також залежить від складу крохмалевмісної, білоквмісної сировини, наявності цукру, жиру тощо.

Гідроколоїди різного походження мають відмінності основних властивостей. Наприклад, агар відрізняється високою термостабільністю та драглеутворюючою здатністю, в той час як його здатність стабілізувати дисперсні системи досить низька. Аналогічними характеристиками володіє пектин, в той час як гідроксиметилцеллюлоза відрізняється високою вологоутримуючою та стабілізуючою здатністю, термостабільністю та драглеутворенням. Різні види камедей також дещо відрізняються між собою. Так, камедь ріжкового дерева володіє високою термостабільністю, тоді як камеді гуара та дерева тара втрачають свої властивості при підвищенні температури. Але загалом камеді характеризуються високою здатністю до стабілізації дисперсних систем, високою вологоутримуючою здатністю та низькою здатністю до драглеутворення [66].

Вченими Національного університету харчових технологій досліджено технологічні характеристики гідроколоїдів, встановлено залежність між розчинністю гідроколоїдів та їх хімічною будовою, досліджено зміну в'язкості залежно від тривалості гідратації та коливань температури, одержано дані про густину і поверхневий натяг їх розчинів [67]. Пектини, модифікований крохмаль, камедь тари, гуару та ксантан розчиняються при кімнатній температурі, агар – при нагріванні до 50-60 С, камедь рожкового дерева - до 40-45 С, каппа-карагенан - до 70-80 С. В'язкість 0,5% розчину агару та модифікованого крохмалю найменша (1,29 та 1,63 мПа відповідно), найбільша у ксантану (16,07 мПа).

Гідроколоїди різного походження виявляють властивості поверхнево-активних речовин (ПАР) і їх можна використовувати як стабілізатори та

піноутворювачі. Характеристикою гідроколоїдів як ПАР виступає величина їх поверхневого натягу. Усі перелічені гідроколоїди окрім модифікованого крохмалю, камеді рожкового дерева та каппа-карагенану, зменшують величину поверхневого натягу. Каппа-карагенан хоч і не є ПАР, але може стабілізувати дисперсні системи завдяки його загущуючим властивостям, що запобігають розділенню системи. Зміна текучих властивостей рідкої дисперсної системи за наявності каппа-карагенану зумовлює її стабілізацію і формування певної консистенції [68].

Враховуючи досить високу собівартість деяких нетрадиційних гідроколоїдів, особливо каппа-карагенану та ксантану, актуальним є дослідження окремих пар гідроколоїдів для виявлення синергетичного ефекту і ефективності їх використання. Відомо, що при спільному використанні двох або більше гідроколоїдів можливе посилення позитивного синергетичного ефекту: суміші загущуються краще, ніж при застосуванні кожного компонента окремо [69-71].

Оскільки водний розчин каппа-карагенану під час охолодження утворює драгль, при комбінації його з камеддю рожкового дерева швидше відбувається драглеутворення та збільшується міцність драглю. Варіант ксантану з камеддю рожкового дерева спричиняє утворення еластичних драглів, а в поєднанні з камеддю тари та гуару збільшується вязкість розчинів [68,71]. Завдяки хаотичному розташуванню бокових ланцюгів галактози, в молекулі є місця без галактози, які найбільш чуттєві, наприклад для утворення чергування з подвійною спіраллю карагенана. Завдяки взаємному використанню можна досягнути наступних показів покращення: зниження синерезису або повної відсутності; підсилення сили драгля; високого ступеня стабільності при заморожуванні та розморожуванні; варіативності за показниками еластичності та консистенції, які залежать від концентрації камеді тара [72].

Технологічні функції гідроколоїдних сумішей різноманітні, що робить їх перспективною сировиною для виробництва безглютенового хліба. Так, вченими досліджено вплив альгінату натрію, натрій-КМЦ, модифікованого крохмалю,

пектину цитрусового, камедей ксантану і гуару на якість безбілкового хліба. Встановлено, що найкращі органолептичні та фізико-хімічні показники у зразків хліба з додаванням 0,5% камеді ксантану до маси крохмалю [73]. Високу якість мають вироби з сумішею безглютенового борошна та крохмалів із сумісним використанням камеді ксантану і похідних целюлози [74].

Дані, наведені в праці [75], показують, що додавання 2% пектину, 1% карбоксиметилцелюлози та 1%  $\beta$ -глюканів покращує якість безглютенового хліба на основі рисового борошна, кукурудзяного крохмалю і казеїнату натрію за показником пористості, та подовжує тривалість збереження ним свіжості.

Науковці Афінського національного технічного університету [76] вивчали вплив ГПМЦ, камеді ксантану, к-каррагенану та гуарової камеді на реологічні характеристики тіста та показники якості хліба з суміші кукурудзяного крохмалю та рисового борошна. Додатки-гідроколоїди додавали в кількості 1%, 1,5% та 2% і встановили, що за органолептичними показниками найкращу якість мають вироби з додаванням 1,5% ГПМЦ.

Як показують літературні дані, гідроколоїди досить ефективно покращують структуру безглютенових виробів, але основним недоліком цих добавок є їх низька біологічна цінність. Більшість гідроколоїдів, використовуваних в технологіях безглютенового хліба, є баластними речовинами, які не засвоюються організмом і не покривають добову потребу людини в мікронутрієнтах. Тривале споживання такого хліба може стати причиною дефіциту макро- та мікронутрієнтів, у зв'язку з чим необхідно приділяти увагу пошуку сировини, яка крім структуроутворювальної дії буде сприяти підвищенню харчової цінності виробів. Для безглютенових виробів характерним є знижений вміст білка, тому, застосування структуроутворювачів білкової природи є доцільним та актуальним напрямком розвитку даної галузі виробництва продуктів. В цілях збагачення безклейковинного хліба макро- та мікронутрієнтами використовують тваринні білки (казеїн, яєчний альбумін, молоко та молочні продукти, колагенові білки тощо) [77].



А.Н. Грищенко та П.В. Коломієць дослідили вплив меланжу на структуру безглютенового хліба [78]. Результати показують зниження питомого об'єму хліба при внесенні меланжа на 3...6%. Такі зміни пояснюють тим, що яєчний білок окутує дріжджові клітини та пригнічує бродіння. Причина зменшення об'єму також можливо полягає у швидкій денатурації яєчних білків в перші хвилини випічки та закріпленні форми.

Існує досвід використання молочно-білкового концентрату казеїну. В результаті проведених досліджень встановлено зменшення виділення вуглекислого газу в процесі бродіння тіста при додаванні казеїну. Встановлено, що в рецептурі з добавкою газоутворювальною здатність тіста погіршилась на 7,1...9,9 % зі збільшенням дозування казеїну у порівнянні з контролем, що можна пояснити зниженням активної кислотності тіста внаслідок буферності молочних білків, що негативно впливає на ферментативний гідроліз крохмалю і накопичення мальтози [79].

У Нідерландах розроблено рецептуру безглютенового хліба з додаванням молочної сироватки. Отриманий хліб мав добрі структурно-механічні характеристики - збільшений питомий об'єм, поліпшену пористість та високі органолептичні властивості [80].

Перелічені добавки мають ряд недоліків, а саме - знижений термін зберігання, невисоку ефективність та необхідність додаткового устаткування на підприємстві. На нашу думку перспективними добавками є концентрати тваринних білків, що більш ніж на 90% складаються з колагену.

Фізико-хімічна природа змін колагену у процесі виготовлення цих добавок полягає в зварюванні та гідротермічному розпаді з утворенням желеподібної структури [81]. Концентрати тваринних білків (КТБ) відрізняються високим рівнем водозв'язуючої та емульгуючої здатності та представлені на ринку у вигляді пастоподібних суспензій, емульсій та білкових мас, білково-жиророслинних дисперсних емульгованих систем, полікомпонентних структуроутворювачів із додатковим включенням в їх склад додаткових компонентів [82].

Основним світовим виробником тваринних білків зі свинячої шкіри наразі є Данія. Це зумовлено найвищим рівнем якості сировини та постійною її наявністю в країні. Лідерами продажу КТБ є дві компанії – Scanflavour AS, офіційним партнером і дистриб'ютором якої є компанія «Технологія Трейд», та ВНІ. Наявні декілька інших виробників, але їх частка в загальному об'ємі світового виробництва тваринних білків є дуже незначною. В Україні представлена продукція ряду інших відомих в світі компаній, але вони виробляють різні суміші на основі тваринних білків та не мають власного виробництва [85, 86]. Більшість тваринних білків, представлених на вітчизняному ринку, виробляють на основі водорозчинних і лугорозчинних білків [83]. Препарати тваринних білків характеризуються доступністю та високими функціонально-технологічними властивостями, вони перевищують соєві за рівнем гідратації та здатністю стабілізувати консистенцію готових виробів, а, відповідно, потребують менших витрат, що позначається на вартості продукції; перевагою є також невиразні органолептичні характеристики білкових препаратів із колагенвмісної сировини [84].

Тваринні білки під час виготовлення безглютенових продуктів застосовують у сухому вигляді з наступним внесенням води для гідратації; у вигляді гель-форми; у вигляді білково-жирової емульсії [89]. Разом із тим за існування загального масиву інформації стосовно їх використання в складі харчової продукції розробка конкретної технології потребує визначення абсолютних значень їх функціонально-технологічних властивостей, які будуть визначати технологічні параметри виробництва продуктів.

КТБ успішно застосовують при виробництві безглютенового хліба сумісно з трансглутаміназою [87]. При внесенні 1...2% КТБ сумісно з 0,05...0,10% ферменту трансглутамінази до маси борошнапитомий об'єм хліба збільшується на 40...45%, пористість на 10...12%. Також рекомендовано застосовувати КТБ у виробництві безглютенового бездріжджового хліба у присутності КМЦ. Це дозволяє підвищити питомий та пористість завдяки утворенню нових білок-білкових та білок-полісахаридних зв'язків в тісті [88].

Широке застосування КТБ в харчовій промисловості характеризує їх як поліфункціональний продукт. Літературні дані свідчать про те, що КТБ здатні взаємодіяти не лише з нативними білками продуктів, але також і з полісахаридами. Тому доцільно разом з КТБ в продукт вносити камеді, карагенани та крохмалі з метою розширення їх технологічних властивостей. Але для чіткого розуміння закономірностей взаємодії КТБ з гідроколоїдами та прогнозування ефективності їх сумісної дії в наступному розділі необхідно більш детально розглянути процеси утворення безглютенового тіста.

#### **1.4. Характеристика псиліуму**

Псиліум (psyllium) ще називають ісфагула (ispaghula), іспагол (ispaghol), але по-російськи це борошно з висівок подорожника блошного (plantago psyllium L.). Це цінна лікарська рослина, з якого роблять популярні харчові добавки.

Псиліум зростає в Закавказзі і ще багато де, але центр його промислового виробництва знаходиться в індійському штаті Гуджарат. Той псиліум, який ми вживаємо в їжу – це лушпиння насіння цього самого подорожника.

Псиліум майже не володіє власним смаком і на 80-85% складається з клітковини. Особливо тому що здебільшого (71%) це розчинна клітковина, яка служить відмінною речовиною для корисної мікрофлори кишечника. Для порівняння – популярні вівсяні і пшеничні висівки містять лише 10...15% клітковини, причому лише 5% розчинної. Харчова цінність псиліуму: 100 г псиліуму містить: білки – 1,78 г, жири – 0,6 г, вуглеводи – 0,5 г, клітковина – 85 г.

Особливо псиліум корисна для тих, хто дотримується LCHF-методу, адже, переходячи на низьковуглеводну їжу, багато недобирають розчинної клітковини, а це може призводити до розладів роботи кишечника.

У псиліума практично немає засвоюваних вуглеводів, і це його знову вигідно відрізняє від вівсяних висівок, в яких вуглеводів більше ніж 62 відсотків. Головна кулінарна властивість псиліума, що робить його ключовим компонентом низьковуглеводної і безглютенової випічки – це його здатність

вбирати вологу і перетворюватися в гелеподібну масу. Один грам чистого борошна псілліума вбирає 45 мілілітрів води.

Завдяки цій властивості псілліум відмінно скріплює тісто і надає випічці пористу повітряну структуру. Фактично, псілліум замінює собою клейковину (глютен), і це дуже важливо, адже всі популярні види низьковуглеводного борошна – кокосового, мигдального, кунжутного – не містять глютену і без псілліума випічка з них виходить досить сухою і крихватою. До речі, псілліум необов'язково використовувати тільки в LCHF-кулінарії. У Швеції псілліум дуже популярний, його можна купити практично в будь-якому супермаркеті і його рекомендують додавати і в звичайну випічку для поліпшення структури тіста і підвищення вмісту клітковини.

Корисні якості псілліума перевірені в різних наукових дослідженнях: він нормалізує травлення, допомагаючи і при запорах, і при діареї, знижує рівень холестерину і нормалізує рівень цукру в крові у хворих на цукровий діабет. Крім того, псілліум може бути корисний і при ряді кишково-шлункових захворювань, наприклад, синдромі подразненого кишечника, виразковий коліт, він так само допомагає знизити артеріальний тиск.

### **1.5. Фізико-хімічні, колоїдні та інші процеси утворення хлібного тіста**

Під час тістоутворення відбуваються складні фізико-хімічні та біохімічні процеси, інтенсивність яких регулюється рецептурним складом тіста, властивостями сировини та технологічними параметрами її обробки. Все це дозволяє отримувати тісто із заданими пружно-пластично-в'язкими властивостями [91].

Сукупність факторів, які зумовлюють формування структурно-механічних властивостей хлібного тіста, складають властивості борошняної сировини (стан білково-протеїназного, вуглеводно-амілазного та ліпідно-ліполітичного комплексів) та компоненти рецептури тіста і технологічні прийоми його виробництва (кількість і якість води, повареної солі, дріжджів, цукру, жиру та ін.; значення титрованої та активної кислотності середовища; температура та

тривалість операцій замішування, бродіння, вистоювання, оброблення; склад повітряного середовища при замішуванні та ін.) [90].

Тісто утворюється внаслідок складних фізико-хімічних, колоїдних, біохімічних, мікробіологічних процесів що відбуваються під дією води і ферментів під час перемішування компонентів тіста. Внаслідок фізико-хімічних процесів відбувається змішування компонентів, їх змочування, а в подальшому - пластифікація тістової маси.

Тістоподібні маси розглядають як полідисперсні системи, що складаються з твердої, рідкої та газоподібної фаз. Тверду фазу утворюють крохмаль, целюлоза і геміцелюлози та білки. Рідка фаза являє собою багатокомпонентний водний розчин органічних і мінеральних речовин борошна та інгредієнтів рецептури. Газоподібна фаза утворюється внаслідок бродіння та захоплення пухирців повітря при замісі [92].

Основні процеси, що обумовлюють якість готових виробів протікають на усіх етапах виробництва, але їх можна умовно розділити на наступні стадії, що є найбільш значущими: при замісі тіста, при дозріванні та випіканні.

На початку замішування компонентів з водою відбувається змочування частинок борошна, їх гідратація, агломерація, в результаті чого утворюється нееластична маса. В результаті подальшої механічної обробки молекули білків та крохмалю дещо розпушуються, їх міцелярний каркас послаблюється. Інтенсифікуються процеси осмотичного набрякання.

Доведено, що важливу роль в утворенні структури тіста відіграють білкові речовини, які за наявності води набрякають. Альбумінова і глобулінова фракція білків розчиняється. Основною відмінністю безглютенового тіста є відсутність процесу обмеженого набрякання гліадинової та глютенінової фракцій, характерних для пшеничного тіста, що утворюють основну масу клейковини [93-96].

Суттєву роль у гідратації білкових молекул відіграє іонна та молекулярна адсорбції, зумовлені наявністю в білках полярних груп. При цьому вільні полярні групи забезпечують іонну адсорбцію, а зв'язані – молекулярну. Адсорбційно

зв'язана вода утримується молекулярними силами біля поверхні колоїдних частинок. Вільні полярні групи білка в розчинах дисоціюють на іони, набувають заряду, навколо якого орієнтуються диполі води. Гідратація білкової молекули в цьому випадку обумовлена іонною адсорбцією. Величина молекулярної адсорбції є постійною для кожного білка, а іонна – залежить від рН-середовища [97-100].

Адсорбційна вода зв'язується полярними групами білка внаслідок електростатичного тяжіння та завдяки водневим зв'язкам. Різні полярні групи здатні утримувати біля себе різну кількість диполів води: пептидна – два, гідроксильна та амінна – по три, карбоксильна – чотири [98, 101].

Гідратація білків протікає в дві стадії. Початкова стадія - це екзотермічний процес міцелоутворення. Перший шар води, орієнтований навколо полярних центрів, міцно зв'язаний з білком. В ході подальшої гідратації тепловий ефект набрякання прогресивно зменшується [98]. Це зумовлено тим, що молекули води, які вкривають гідратною оболонкою електронегативні групи колоїдів, після насичення водневих зв'язків утримуються силами електростатичного тяжіння. Під час набрякання білка диполі води розміщуються між його молекулами, розштовхують їх, зменшуючи силу взаємодії між поліпептидними ланцюгами білка та послаблюють опір проникненню нових молекул води. У більш гідратованій системі цей процес відбувається швидше. Водночас, у разі нарощування товщини гідратної оболонки, відбувається швидке зменшення сил тяжіння води і процес набрякання сам по собі гальмується [102].

З причини гетерогенного складу білків утворюються міцели набряклих високомолекулярних фракцій. Внаслідок обмеженої рухливості води в тісті виникають ділянки з різною концентрацією сухих речовин, що призводить до виникнення осмотичного руху води. Кінетично цей процес повільний і характеризується значним масопереносом води в глибину міцел.

Характер зв'язування води в тісті зумовлює структуру та органолептичні показники якості хліба. Тому при виборі структуроутворювача важливо враховувати його водопоглинальну здатність.

Визначено, що значну роль у виникненні структурного каркаса тіста відіграють окисно-відновні реакції. Замішування тіста в атмосфері повітря викликає окиснення сульфгідрильних груп  $-SH$  з утворенням дисульфідних зв'язків  $-S-S-$ , що зміцнює структуру білкового каркаса, збільшуючи його еластичність і міцність [98].

Найважливішу роль у формуванні тіста відіграє крохмаль, що складає кількісно основну масу борошна. Зерна крохмалю зв'язують воду, в основному, адсорбційно. Швидкість та величина водопоглинання залежать також від стану крохмальних зерен і температури води. Набрякання крохмалю залежить від температури і фізичного стану зерен [103, 104]. Підвищення температури та наявність достатньої кількості вологи сприяють збільшенню зв'язування води крохмалем, що за певних температур досягає максимуму.

В технології безглютенового хліба на основі рисового та кукурудзяного борошна значну роль у зв'язування води в тісті відіграють некрохмальні полісахариди, оскільки борошняна сировина для даних виробів містить значну кількість оболонки. Геміцелюлози, набрякаючи і зв'язуючи велику кількість води, беруть активну участь у формуванні структури тіста [105]. При недостатній вологості вони перешкоджають набряканню білків і крохмалю, погіршуючи структуру тіста.

Насьогодні підтримується думка, що стан вологи відіграє провідну роль в процесі формування тіста [106]. Збільшення кількості вологи в тісті призводить до збільшення товщини сольватних оболонки, що оточують частинки борошна в ущільненому тісті та до зниження його когезійної міцності. Внаслідок цього зі збільшенням кількості вологи зростає в'язкість тіста, збільшується його пластичність, а також текучість.

Крім того, суттєву роль у зв'язуванні води відіграють пентозани. Ці сполуки зв'язують воду осмотично. Водорозчинні пентозани в тісті утворюють розчини, в'язкість яких значно перевищує в'язкість білкових розчинів тієї ж концентрації. Водорозчинні пентозани поглинають у 15, а нерозчинні - в 10 разів більше води

по відношенню до їх маси. Завдяки цьому вони значно підвищують водопоглинальну здатність тіста, зміцнюють його консистенцію.

Пентозани можуть утворювати з білками агрегати, а під дією окисників утворюють цільні гелі, що також сприяє підвищенню в'язкості тіста, покращанню його пластичності [107].

В утворенні тіста певну роль відіграє поглинання повітря при замісі. Внаслідок оклюзії повітря при замішуванні тіста воно збільшується в об'ємі. Кисень повітря взаємодіє з компонентами тіста, особливо з ліпідами, за участю ліпази і ліпоксигенази відбувається окислення пероксидами, що утворюються -SH- груп білків тіста, укріплюється його консистенція [102].

Наступним фактором, що впливає на процес тістоутворення, є гранулометричний склад борошняної сировини. Він зумовлює фізичні та структурно-механічні властивості тіста. Чим меншим є розмір часточок, тим більшою є їх питома поверхня та водопоглинальна здатність. Іванова М.Б., Легостаєва Є.А., Кузьміна С.С. [108] вказують на зворотнопропорційну залежність необхідної кількості води для замісу тіста від розміру часточок, внаслідок чого при однаковій кількості води, що додається при замісі, дрібнодисперсне борошно утворює більш в'язке, менш текуче тісто, а крупинчасте – більш пластичне.

Встановлено вплив гранулометричного складу борошняної сировини на реологічні властивості тіста. Визначено [109, 110], що зі зменшенням розміру часточок спостерігається розслаблення його структури. Такий ефект може бути пов'язаний з надмірно подовженою механічною дією при подрібненні сировини, внаслідок чого зростає кількість вільних крохмальних зерен серед дрібних часточок. Зменшення їх розмірів при тривалому подрібненні завжди призводить до погіршення структури тіста.

Сучасними дослідженнями встановлено, що оптимальне співвідношення міцнісних і пластичних характеристик тіста спостерігається при розмірах часточок 160...250 мкм, що пояснюється різною вологопоглинальною здатністю часточок різного розміру.



Таким чином, для отримання високоякісних виробів розмір часточок борошняної маси не повинен виходити за вказані межі для різної зернової сировини. Переважання в суміші часточок меншого розміру призводить до зниження реологічних властивостей, структури тіста та, як наслідок, до зниження якості виробів під час термообробки.

Поряд з фізико-хімічними і колоїдними процесами під час замішування тіста відбуваються біохімічні та мікробіологічні процеси. Наявність у тісті вільної води створює умови для протікання гідролітичних ферментативних процесів. Під дією ферментів борошна і дріжджів відбувається дезагрегація білків, крохмалю, пентозанів, накопичуються низькомолекулярні сполуки, що переходять у розчин. Інтенсивність цього процесу в значній мірі залежить від сили борошна. Складові борошна в більшій мірі схильні до ферментативної дезагрегації [107].

Наступною важливою стадією є дозрівання тіста. Тут відбуваються основні біохімічні та мікробіологічні процеси. Молочнокислі бактерії продукують молочну кислоту, яка підкислює середовище, чим створює сприятливі умови для розвитку дріжджів і пригнічує інші мікроорганізми, продукти життєдіяльності яких токсичні для дріжджів. Дріжджі збагачують середовище азотистими речовинами, вітамінами, необхідними для розвитку бактерій. Основними процесами під час дозрівання тіста є спиртове і молочнокисле бродіння. Внаслідок цих процесів відбувається розпушення тіста діоксином вуглецю; насичення рідкої фази діоксидом вуглецю з утворенням вугільної кислоти; підвищення кислотності тіста внаслідок утворення молочної, оцтової та інших кислот; зниження рН тіста; накопичення смакових і ароматичних речовин [97-102].

Хлібопекарські дріжджі зброджують цукри у такій послідовності: глюкоза, фруктоза, сахароза, мальтоза. Безпосередньо бродильні ферменти дріжджів зброджують лише глюкозу. Фруктозу вони зброджують після того, як фермент фруктоізомераза перетворить її в глюкозу, а дицукри - після їх гідролізу в моноцукри [103].

У процесі життєдіяльності дріжджі засвоюють також азотисті речовини, мінеральні солі, вітаміни, що містяться у рідкій фазі тіста. Протягом 1-1,5 год після замішування тіста дріжджі зброджують власні цукри борошна, живляться іншими водорозчинними речовинами тіста. У подальшому їх життєдіяльність залежить від накопичення в тісті мальтози, розчинних азотвмісних сполук, що є продуктами ферментативного гідролізу крохмалю і білків тіста.

Отже, в тісті одночасно відбуваються два процеси: процес утворення мальтози і процес зброджування її мікрофлорою тіста. Процес утворення мальтози має випереджати її зброджування [98, 100].

У дозрілому тісті повинно міститись не менше 3 % цукрів, що зброджуються. Саме така кількість цукрів, необхідна для процесів бродіння при вистоюванні тістових заготовок і для реакції меланоїдиноутворення, що зумовлює забарвлення скоринки [102].

Під час дозрівання тіста відбувається деполімеризація пентозанів під дією ферментів борошна, утворюються пентози, які беруть участь у реакції меланоїдиноутворення.

Білки тіста під час дозрівання продовжують набухати. Набухлі білки легше піддаються протеолізу. У дріжджовому тісті окисно-відновний потенціал зміщається у бік підсилення відновлювальних процесів. Внаслідок цього протеїназа тіста активується, окислена частина активаторів протеолізу (глутатіону, цистеїну) відновлюється, поглиблюється дезагрегація білкової молекули в тісті. Зменшується вміст високомолекулярних фракцій, і підвищується вміст більш низькомолекулярних гліадину, альбуміну, глобулінів.

Продукти гідролізу білків, що переходять у рідку фазу тіста і слугують живленням для мікрофлори тіста, а також необхідні для утворення ароматичних і барвних сполук на стадії випікання хліба [102-104].

Внаслідок протеолізу знижується пружність тіста, поліпшується еластичність, формуються певні структурно-механічні властивості. Біохімічні процеси в тісті інтенсифікуються при посиленні механічного обробки,

підвищенні температури тіста. На їх активність впливає рН середовища, наявність активаторів та інгібіторів протеолізу, рецептура тіста.

Крім того, під час дозрівання тіста продовжуються процеси осмотичного зв'язування білками води, їх набухання, збільшення в об'ємі. Частина білків набухає необмежено, пептизується і переходить у розчин. Це збільшує вміст у тісті рідкої фази, тісто розріджується.

Колоїдні процеси у тісті інтенсифікуються при підвищенні структурно-механічного оброблення під час замішування; підвищенні кислотності у процесі бродіння; підвищенні температури бродіння.

Ефективним фактором інтенсифікації дозрівання є обминання тіста. Внаслідок даної операції частково видаляється  $\text{CO}_2$ , що пригнічує дріжджі; рівномірно розподіляються у тістовій масі дріжджові клітини, покращується живлення; надто великі кульки  $\text{CO}_2$  частково видаляються, подрібнюються, перерозподіляються по масі тіста; тісто додатково насичується повітрям, що зумовлює додатковий окислювальний вплив на компоненти білково-протеїназного комплексу, поліпшуються реологічні властивості тіста. Внаслідок процесів, що відбуваються при обминанні, під час подальшого дозрівання тіста покращуються його газо- і формоутримувальна здатності [100-105].

Важливим етапом виробництва хліба є випікання, при якому теплофізичні процеси мають місце. Зміна температури у тістовій заготовці відбувається пошарово. Тістова заготовка при посадці у піч має температуру 38-40 °С, тоді як у зоні зволоження пекарної камери температура 100-140 °С. Внаслідок різниці температур на поверхні заготовки починається конденсація пари. За 2-3 хв. перебування у цій зоні температура поверхні тістової заготовки підвищується до 70-80 °С, а м'якушки - до 38-40 °С [111].

При подальшому прогріванні тістової заготовки в зоні високих температур (230-280 °С) починається випаровування вологи з її поверхні. Поверхневий шар прогрівається до температури 100 °С, зневоднюється, і при температурі 105-115 °С утворюється скоринка. За цей час температура в центральних шарах тістової заготовки досягає 50- 60 °С [112].

З утворенням скоринки припиняється приріст об'єму тістової заготовки. Щоб затримати цей процес, у першу зону пекарної камери подають пар, конденсація його на поверхні заготовки затримує утворення скоринки. Внаслідок різниці температур поверхневого і внутрішнього шарів виникає температурний градієнт, який обумовлює тепловий потік, спрямований від зовнішнього шару до центру. Цей потік тепла прогріває внутрішні шари заготовки, починається денатурація білків, клейстеризація крохмалю, утворення м'якушки. З часом шари тістової заготовки, що лежать безпосередньо під поверхневим, зневоднюються. Товщина скоринки збільшується.

Під скоринкою утворюється шар, який є граничним між скоринкою і м'якушкою. Досягнувши 100 °С, температура цього шару не змінюється до кінця випікання. Це зона випаровування. Тепло у цьому шарі витрачається на випаровування вологи і прогрівання шарів тіста, що лежать нижче і перетворюються у м'якушку.

У третьому періоді випікання поверхня тістової заготовки прогрівається до температури ~ 150 °С. Температура шарів м'якушки, близьких до центру, підвищується повільно і поступово. Температура центру під кінець випікання досягає лише 95-98 °С.

Під час прогрівання тістової заготовки в ній відбувається зовнішній вологообмін між тістовою заготовкою і пароповітряним середовищем пекарної камери, а також внутрішній тепломасообмін, тобто переміщення вологи у середині самої заготовки [111, 112].

Внаслідок зовнішнього вологообміну на поверхні холодної тістової заготовки конденсується волога. При цьому маса заготовки збільшується на 1,3 % від початкової. Інтенсивність конденсації пари залежить від ступеню зволоження пекарної камери та температури у зоні зволоження. При подальшому прогріванні тістової заготовки сконденсована волога випаровується з поверхневого шару заготовки, а потім з шарів, що лежать під ним. Маса тістової заготовки починає зменшуватись.

Внутрішній перенос вологи у тістовій заготовці відбувається під дією двох факторів: градієнта вологості, який виникає внаслідок різниці в концентрації вологи в різних шарах заготовки і обумовлює переміщення вологи з шарів з більшою вологістю до шарів з меншою вологістю, тобто від шарів центральної частини заготовки у бік зони випаровування; температурного градієнта, який виникає внаслідок різниці температур у шарах тістової заготовки і викликає термодифузію вологи з шарів з більш високою температурою до шарів з нижчою температурою, тобто від зони випаровування до центру [113].

Потік вологи, викликається термодифузією, перевищує потік концентраційної дифузії вологи, внаслідок цього вологість центральних шарів м'якушки збільшується на 1,5-2,0 % порівняно з вологістю тіста. Під кінець випікання загальна маса готового виробу зменшується порівняно з масою тістової заготовки в основному за рахунок втрат вологи в скоринці.

У процесі прогрівання тістової заготовки втрата нею вологи відбувається з різною швидкістю. У другий період випікання, тобто у період інтенсивного прогрівання, спостерігається змінна швидкість випаровування вологи. Більш швидко випаровується вода, сконденсована на поверхні заготовки, повільніше - з макро- і мікрокапілярів, адсорбційно зв'язана волога поверхневих шарів [114].

Після утворення міцної скоринки інтенсивність випаровування води ще більше знижується, швидкість випаровування стає постійною. В цей період випаровується волога, що надійшла в зону випаровування з центральної частини тістової заготовки.

При прогріванні тістової заготовки життєдіяльність її мікроорганізмів спочатку значно активується, а потім інактивується. Цей процес відбувається пошарово, залежно від досягнутої температури у відповідному шарі тістової заготовки.

При температурі 35-40 °С дріжджові клітини інтенсивно зброджують цукри. Діоксид вуглецю і спирт, що виділяються при бродінні, сприяють подальшому розпушенню тістової заготовки, збільшенню її в об'ємі. При 45 °С

життєдіяльність дріжджів різко знижується, а при температурі біля 60 °C вони відмирають.

Температура 35-40 °C є оптимальною для розвитку мезофільних бактерій, а 48-54 °C - термофільних молочнокислих бактерій. Внаслідок активізації бактеріальної мікрофлори накопичуються кислоти та інші продукти їх життєдіяльності, що сприяє покращанню смакових якостей виробів [114, 115].

При підвищенні температури тістової заготовки частина летких органічних кислот, що містяться в ній, частково звітряється розчинений у рідкій фазі тіста CO<sup>2</sup>. Внаслідок цього випечений хліб має нижчу кислотність, ніж тістова заготовка. У процесі випікання звітряється частина спирту (50-80 % від його вмісту в тісті перед випіканням).

Під час випікання внаслідок прогрівання тістової заготовки і дії ферментів змінюється стан біополімерів тіста: крохмалю, білків, пентозанів.

При нагріванні в інтервалі температур 40-60 °C атакуємість білків ферментами наростає. У заготовці збільшується вміст водорозчинних білків. При температурі 60-70 °C відбувається теплова денатурація білків. У процесі денатурації білки виділяють воду, структура їх ущільнюється, вони втрачають еластичність. Денатуровані клейковинні білки утворюють жорсткий каркас хліба, в який вкраплені клейстеризовані зерна крохмалю [113].

Від швидкості коагуляції білків залежить фіксація форми тістової заготовки. Під час прогрівання тістової заготовки до 60-70 °C інтенсифікується гідроліз білків протеїназою, накопичуються низькомолекулярні білкові речовини, які беруть участь у реакції меланоїдиноутворення. При 80-95 °C протеїназа інактивується [112].

З підвищенням температури у шарах тістової заготовки зростає інтенсивність набухання зерен крохмалю. При досягненні температури 60-70 °C відбувається його клейстеризація. Відомо, що для повної клейстеризації зерна крохмалю необхідно мати майже 10-кратну кількість води по масі. В умовах тіста при випіканні крохмаль не може клейстеризуватися повністю, клейстеризуються лише поверхневі шари крохмальних зерен, які водночас поглинають воду,

сконденсовану на поверхні тіста, і воду, вивільнену білками при термічній денатурації.

Внаслідок недостатньої кількості води клейстеризація відбувається повільно, і лише з підвищенням температури до 93-99 °С кількість зерен з клейстеризованим поверхневим шаром зростає майже до 100.

Клейстеризація крохмалю в умовах, коли води обмаль, сприяє утворенню сухої, еластичної м'якушки хліба.

Клейстеризований крохмаль легко деполімеризується під дією амілаз з утворенням декстринів і цукрів. У тістовій заготовці накопичуються водорозчинні речовини. Це впливає на властивості м'якушки.

При наявності у тісті активної  $\alpha$ -амілази, під її дією накопичуються низькомолекулярні декстрини, і м'якушка хліба з такого борошна виходить липка. Активність амілаз значно залежить від кислотності середовища. При підвищенні кислотності до рН 4,5-4,6  $\alpha$ -амілаза інактивується вже в перші хвилини випікання [111-113].

Таким чином, проведений аналіз процесів, що протікають при утворенні тіста показує, що перетворення білків та вуглеводів, а також їх взаємодія з водою та між собою мають основоположне значення у формуванні якості готових виробів. Тому при включенні застосуванні в технології безглютенового хліба білків та гідроколоїдів необхідно приймати до уваги зміну фізико-хімічних, гідроколоїдних, біохімічних та мікробіологічних процесів, провести корекцію рецептур та обґрунтування технологічних режимів виробництва.

## РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Матеріали та об'єкти досліджень

Об'єктами досліджень були: борошно рисове згідно з ТУ15.6-00952737-006-2002; борошно кукурудзяне згідно з ГОСТ 14176-69.

Матеріалами досліджень були:

- сіль поварена харчова за ДСТУ 3583-97,
- вода питна за ГОСТ 2874-82;
- псиліум за ТУ (ГОСТ)   СТО 26432814-001-2021
- дріжджі хлібопекарські сухі згідно з ДСТУ 4812:2007;
- желатин згідно ГОСТ 11293-89;
- агар харчовий за ГОСТ 16280-88

Фізико-хімічні, технологічні та органолептичні показники якості структуроутворювачів приведені в табл. 2.1...2.2.

Таблиця 2.1

Характеристика органолептичних показників агару та желатину

Показник	Характеристика показника	
	Желатин	Агар
Зовнішній вигляд	Гранули, крупинки	Порошок
Колір	Від світло-жовтого до жовтого	Світло-бежевий
Запах	Без стороннього	Без стороннього запаху
Смак	Прісний	Без стороннього смаку

Таблиця 2.2

Характеристика фізико-хімічних і технологічних показників агару та желатину

Найменування показника	Характеристика показника	
	Желатин	Агар
Масова частка вологи, %	16	18
Масова частка попелу, %	2,0	4,5
Міцність драгля, утвореного 3%-вим розчином білка, г/см <sup>2</sup> за 20 °С	11(1100)	1600
Значення рН 1%-го розчину	5-7	



Для експериментальних досліджень борошно рисове (ТМ «Сто пудов») просіювали крізь сита лабораторні нейлонові з розміром отворів 120 мкм.

Для отримання рідкої фази тіста задану кількість дріжджів розміщували у всій рецептурній кількості води, додавали сіль, структуроутворювачі у заданих співвідношеннях та перемішували до отримання однорідного розчину.

Борошняну суміш зволожували рідкою фазою до вологості 65...67% та залишали на 40...45 хв. при температурі 30...35°C для бродіння. Після цього тісто, масою 100 гр розміщували в форми, попередньо змащені соняшниковою олією та залишали на 15...20 хв при температурі 30...35°C на розстоювання. Далі форми з тістовими заготівлями розміщували у духову шафу та випікали при температурі 180 °C на протязі 30-35хв. Після цього хліб виймали з форм та залишали при кімнатній температурі до повного вистигання.

## 2.2. Методи обробки результатів

Експериментальні дослідження виконано на базі лабораторії Державного біотехнологічного університету.

Відбір і підготовку проб сировини для лабораторних досліджень проводили згідно єдиної методики вивчення харчових продуктів за ГОСТ 26668-85 (СТ СЭВ 3013-81), ГОСТ 26669-85 (СТ СЭВ 3014-81), ГОСТ 27668-88 [207-209]. Дослідні та контрольні зразки готували з однієї партії сировини.

Органолептичні показники борошняних продуктів оцінювали за ГОСТ 27558-87 [210], вологість борошна за ГОСТ 9404-88 [211]. Крупність продуктів помелу визначали методом просіювання на ситах лабораторних №12, з розміром отворів  $874 - 569 \text{ м} \times 10^{-6}$ , №16 ( $569 - 475 \text{ м} \times 10^{-6}$ ), №21 ( $475 - 372 \text{ м} \times 10^{-6}$ ), №52 ( $370 - 142 \text{ м} \times 10^{-6}$ ).

Кількість зв'язаних іонів водню 1%-вої водно-борошняної суспензії визначали методом потенціометричного титрування [78]. Титрування здійснювали 0,1М водними розчинами HCl і NaOH, застосовуючи рН-метр лабораторний «рН –50МИ» та магнітну мішалку MAGNETIC STIREER.

У розчині HCl концентрацією  $C_1$ :

$$pH_1 = -\lg \alpha C_1 \quad (2.1)$$

В присутності білка в даному розчині концентрація іонів водню дорівнює  $C_2$ ; ( $C_1-C_2$ ) молей  $[H^+]$  зв'язується білком. Тоді:

$$pH_2 = -\lg \alpha C_2 \quad (2.2)$$

З (2.1) та (2.2)

$$\lg (C_1/C_2) = pH_1 - pH_2 \quad (2.3)$$

Відповідно для гідроксильних іонів:

$$\lg (C_2/C_1) = pH_2 - pH_1 \quad (2.4)$$

За припущення рівності коефіцієнтів активності із співвідношення (2.3) і (2.4) отримуємо:

- При титруванні кислотою кількість зв'язаних білком іонів водню  $[H^+]$ ; моль/кг $\times 10^{-3}$ , дорівнює

$$[H^+] = V / 10 g (1 - 10^{(pH_b - pH_p)}) \quad (2.5)$$

- При титруванні лугом кількість зв'язаних білком гідро-ксильних іонів  $[OH^-]$ ; моль/ кг $\times 10^{-3}$ , дорівнює:

$$[OH^-] = V / 10 g (1 - 10^{(pH_p - pH_b)}) \quad (2.6)$$

Де  $V$  – об'єм 0,1М розчинів HCl та NaOH, доданих до  $20 \text{ м}^3 \times 10^{-6}$  розчину,  $V$ ,  $\text{м}^3 \times 10^{-3}$ ;

$g$  – маса білка у розчині,  $g$ ,  $\text{кг} \times 10^{-3}$ ;

$pH_p$ ,  $pH_b$  – pH розчину ( $V=20$ ,  $\text{м}^3 \times 10^{-6}$ ), pH води ( $V=20$ ,  $\text{м}^3 \times 10^{-6}$ ) після додавання  $V$  реагенту відповідно.

### 2.3. Методи досліджень напівфабрикатів

Реологічні властивості тіста досліджували за допомогою еластопластометру Толстого. Визначали незворотну деформацію, відносну еластичність, пластичність та пружність за стандартною методикою [173].

Титровану та активну кислотність тіста визначали за стандартною методикою за ГОСТ 5898-68.

Розділення білків за молекулярними масами здійснювали методом денатуруючого електрофорезу в поліакриламідному гелі в системі Лемлі [175].

Фракційний склад білків борошна та тіста оцінювали методом Осборна [149]. Фракційний склад білка визначали в двох паралельних наважках та виражали у відсотках до сумарного азоту фракцій. Кількість білку знаходили множенням вмісту загального азоту на коефіцієнт 6,25 [142].

Дослідження ІЧ-спектрів борошняного тіста (свіжо замішеного, через 60 хв після замісу, через 180 хв після замісу) здійснювали за допомогою аналізатора UR-20 (Німеччина) в інтервалі коливань від  $400 \text{ см}^{-1}$  до  $4000 \text{ см}^{-1}$ .

Газоутворювальну здатність та швидкість газоутворення в напівфабрикаті визначали паралельно зі ступенем розпушування тіста за методикою [9,151]. Розрахунок затрат сухих речовин на бродіння проводили в перерахунку на глюкозу за кількістю  $\text{CO}_2$ , що виділився під час бродіння, використовуючи рівняння збродження глюкози Гей-Люсака [2].

Втрати діоксиду вуглецю під час бродіння, розраховували за формулою:

$$B_{\text{CO}_2} = \frac{\int_a^b (F(x) - f(x)) dx}{\int_a^b F(x) dx} \times 100 \quad (2.7)$$

де  $B_{\text{CO}_2}$  – втрати діоксиду вуглецю під час бродіння, %

$a, b$  – значення межі інтегрування;

$F(x)$  – площа криволінійної трапеції на відрізку  $[a, b]$ , обмеженої рівнянням газоутворювальної здатності борошна та віссю  $OX$ ;

$f(x)$  – площа криволінійної трапеції  $[a, b]$ , обмеженої рівнянням газотримувальної здатності борошна та віссю  $OX$ ;

Зміну об'єму тіста під час бродіння визначали за допомогою мірного циліндру на 500 мл, в який розміщували 10 гр тіста, та витримували при температурі  $30 \dots 35^\circ\text{C}$ . Зміну об'єму тіста фіксували через кожні 60 с на протязі 60 хв.

Вологоутримувальну здатність тіста під час сушіння визначали ваговим методом на вагах-вологомірі ADGS 50.

Визначення текучості борошна визначали за допомогою структурометра. Спочатку зважували 30 г борошна рисового та борошна кукурудзяного при різних концентраціях, перемішували до однорідного кольору. Після цього додавали 70 мл води та перемішували до однорідної концентрації. Отриману суміш заливали у спеціальний отвір. Структурометр був розташований при куті 45 градусів для комфортного стікання. Відкривали воронку та засікали час доти, поки однорідна маса торкнеться кінця спуску, куди тече рідина та загальний час стікання.

### **РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО БОРОШНА, ПСИЛУМУ ТА ЙОГО ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ**

#### **3.1. Дослідження органолептичних та фізико-хімічних властивостей макаронних виробів з використанням нетрадиційної сировини**

Використання у макаронній галузі промисловості безглютенового борошна, до того ж з пониженими технологічними властивостями, вимагає застосування технологічних прийомів для поліпшення якості макаронних виробів.

Борошно, що переробляється, найчастіше має занижені властивості за відсутністю клейковини, яка, як відомо, відіграє роль основного структуроутворюючого компоненту в макаронному тісті. За таких умов доцільним є застосування поліпшувачих харчових добавок, які б виконували роль структуроутворювачів.

Нами запропоновано використовувати у якості поліпшувача безглютенового борошна в технології макаронних виробів псиліум.

На першому етапі досліджень з метою впливу безглютенових видів борошна на показники якості макаронних виробів проводили оцінку якості за органолептичними показниками.

При замісі макаронного тіста використовували холодний заміс, при температурі води 20 °С.

Кількість води регулювали в такий спосіб, щоб дотримуватись вологості тіста 30-31% як для середнього або м'якого замісу.

Проаналізувавши результати можна стверджувати про недоцільність будь якого одного виду борошна рисового або кукурудзяного у технології макаронних виробів за невисоку його якість, а саме яркий присмак та запах рисового та кукурудзяного борошна, крихкувату структуру тіста, ламкість готових виробів (рис. 3.1-3.2), а показники якості в табл. 3.1.



Рис. 3.1 – Зовнішній вигляд макаронних виробів з рисового борошна

Таблиця 3.1.

### Характеристика показників виробів з безглютенового борошна

Найменування показника	Макарони з борошна	
	рисового	кукурудзяного
Зовнішній вигляд	Поверхня шорстка, з блиском, зі збереженою формою	Поверхня шорстка, без збереження форми
Колір	Білий	Жовтий
Запах	Сирого рису	Яскравий кукурудзяний
Консистенція	Крихувата	Крихка
Смак	Сирого рису	Кукурудзяний

Табличні дані вказують, що використання різних видів борошна суттєво впливає на певні органолептичні показники якості макаронних виробів, зокрема колір, стан поверхні. Зовнішній вигляд несе в собі велике значення на попит товару, адже це найголовніший та найперший фактор, який несе в собі перше враження про виріб.



Рис. 3.2 – Зовнішній вигляд макаронних виробів з кукурудзяного борошна

На другому етапі було досліджено вплив борошняних сумішей (рисового та кукурудзяного борошна) на показники якості макаронних виробів за різної концентрації, а саме борошно рисове: борошно кукурудзяне у співвідношенні 40:60, 60:40, 80:20, 70:30. Зовнішній вигляд макаронних виробів представлено на рис. 3.3-3.6, а характеристику показників наведено у таблиці 3.2.

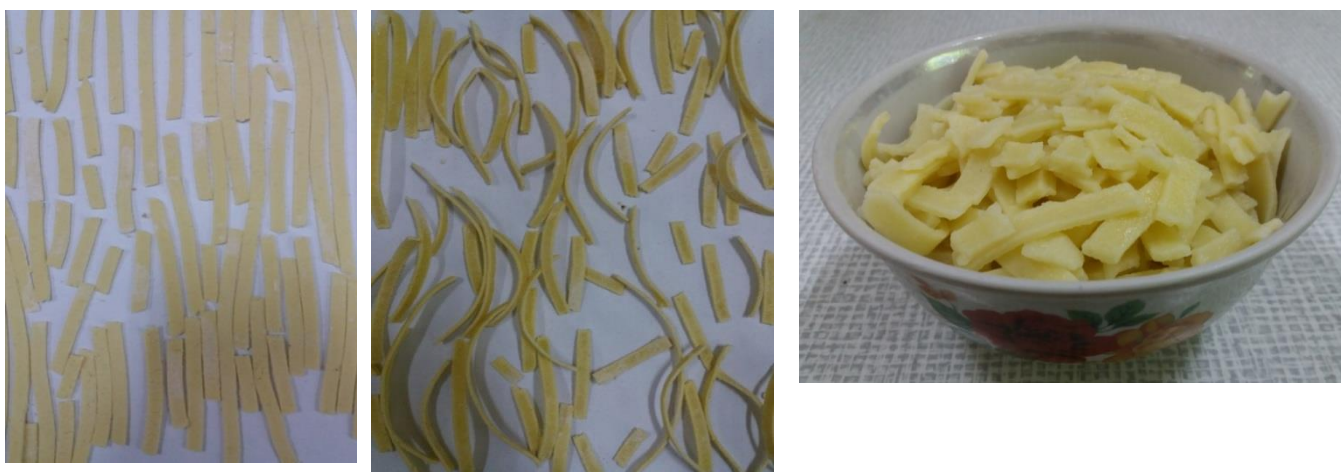


Рис. 3.3 – Зовнішній вигляд макаронних виробів з рисового та кукурудзяного борошна 60:40

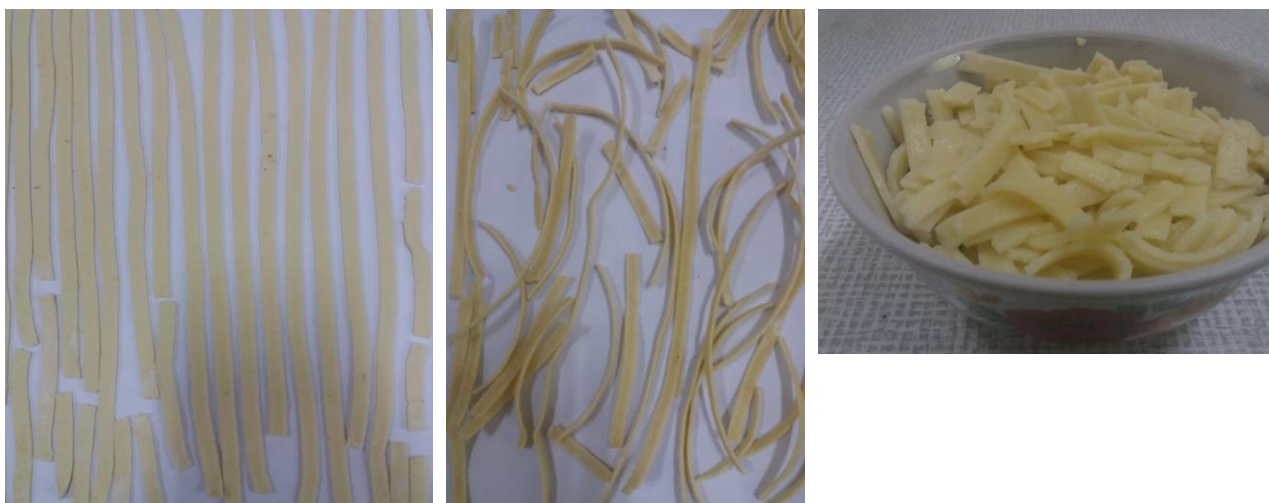


Рис. 3.4 – Зовнішній вигляд макаронних виробів з рисового та кукурудзяного борошна 40:60



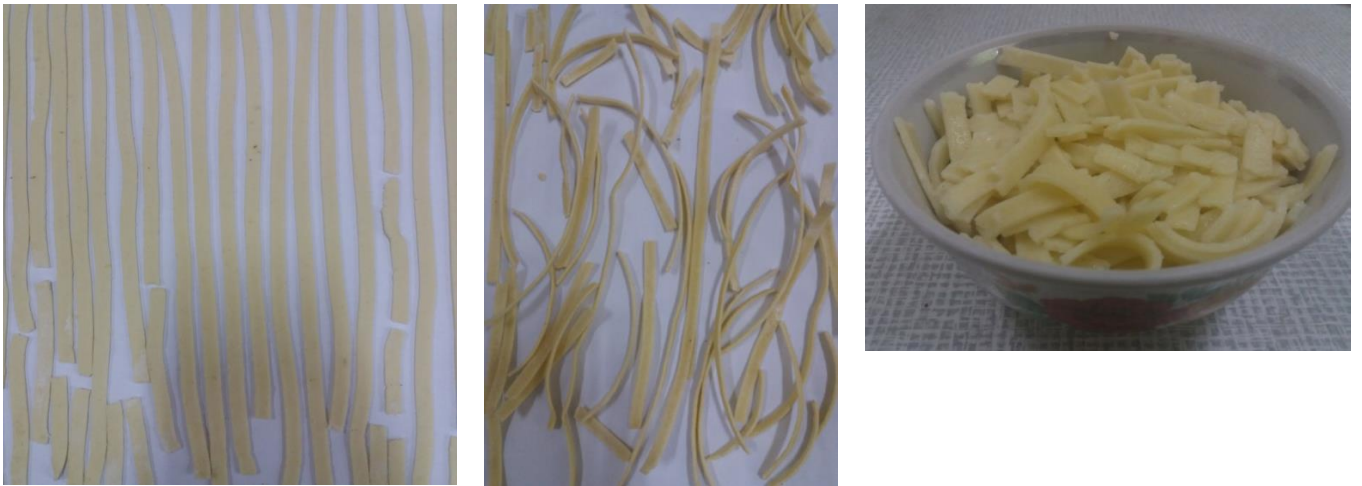


Рис. 3.5 – Зовнішній вигляд макаронних виробів з рисового та кукурудзяного борошна 70:30



Рис. 3.6 – Зовнішній вигляд макаронних виробів з рисового та кукурудзяного борошна 80:20

Таким чином, застосування в якості борошняної сировини борошняних сумішей є більш доцільним з точки зору покращання органолептичних показників макаронних виробів.

Нами було встановлено оптимальний склад борошняної суміші (70% рисового борошна та 30% кукурудзяного борошна) що дозволяє сформувати характерний смак і колір готових виробів, а також зменшити перехід сухих речовин у варильну воду, що є дуже позитивним моментом.



## Характеристика показників виробів з суміші безглютенового борошна

	Найменування зразка	Органолептичні показники				Фізико-хімічні показники	
		Колір		Поверхня		Кількість сухих речовин	Привар, %
		Сирі	Сухі	Сирі	Сухі		
1	Суміш рисове-борошно : кукурудзяне борошно 40 : 60	Світло-жовтий	Світло-жовтий	Шорстка з вираженим зламом	Шорстка з вираженим зламом	2,5	203,27
2	Суміш 60 : 40	Світло-жовтий	Світло-жовтий	Шорстка з вираженим зламом	Шорстка з вираженим зламом	2,0	245,16
3	Суміш 80 : 20	Кремовий	Світло-жовтий	Шорстка з вираженим зламом	Шорстка з вираженим зламом	2,0	216,17
4	Суміш 70 : 30	Кремовий	Світло-жовтий	Без зламів, гладенька	Без зламів, гладенька	0,8	259,86

Щодо зміни коефіцієнта збільшення маси, то цей показник значно підвищується у зразку макаронних виробів на основі рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 70:30.

### 3.2. Обґрунтування кількості поліпшуючої добавки псиліум у технології безглютенових макаронних виробів

Основним завданням підприємств макаронної галузі є забезпечення високої якості макаронних виробів, яка залежить від якості сировини та технологічних режимів, що створюються при їх виготовленні.

Відомо, що якість виробів з безглютенового борошна з рисового та кукурудзяного борошна значно нижча.

Для поліпшення якості макаронного тіста нами було запропоновано використання псиліуму, як добавку яка надає тісту в'язкості і відіграє роль «клейковини» у безглютеновій борошняній сировині.

Наступним етапом експериментальних досліджень було встановлення впливу псиліуму та його концентрації на якість макаронних виробів з рисового та кукурудзяного борошна. Добавку структуроутворювача вносили у сухому вигляді у концентрації 1%, 3% та 5% до маси борошна.

Вплив поліпшуючої добавки визначали за органолептичними показниками макаронних виробів та за кулінарними властивостями, а саме кількістю сухих речовин у варильному середовищі та зміною коефіцієнту збільшення маси (табл. 3.3, табл. 3.4).

Таблиця 3.3

Характеристика показників виробів з безглютенового борошна за додавання псиліуму

	Найменування зразка	Органолептичні показники				Фізико-хімічні показники	
		Колір		Поверхня		Кількість сухих речовин	Привар, %
		Сирі	Сухі	Сирі	Сухі		
1	Рисове борошно + 1% псиліуму	Світло-кремові з вкрапленнями псиліуму	Світло-кремові з вкрапленнями псиліуму	Шорсткувата	Шорсткувата	2,1	203,27
2	Рисове борошно + 3% псиліуму	Кремові з сірим відтінком	Кремові з сірим відтінком	Шорсткувата без тріщин	Шорсткувата без тріщин	1,8	245,16
3	Рисове борошно + 5% псиліуму	Темно-сірі	Темно-сірі	Гладенькі	Гладенькі	1,7	236,17
4	Кукурудзяне борошно + 1% псиліуму	Жовті з вкрапленнями псиліуму	Жовті з вкрапленнями псиліуму	Шорсткувата зі зламами	Шорсткувата зі зламами	2,0	205
5	Кукурудзяне борошно + 3% псиліуму	Жовті з сірим відтінком	Жовті з сірим відтінком	Шорсткуваті	Шорсткуваті	1,85	248,2
6	Кукурудзяне борошно + 5% псиліуму	Жовтуваті з темно-сірим відтінком	Жовтуваті з темно-сірим відтінком	Гладенькі	Гладенькі	1,8	244,18

Отримані дані наведені в таблиці вказують на те, що за додавання будь якої концентрації псиліуму призводить до покращення фізико-хімічних

показників (показника коефіцієнту збільшення маси готових виробів та зменшенню сухих речовин у варильне середовище). Однак, додавання псиліуму більше 3% до маси борошна приводить до погіршення фізичних властивостей тіста воно набуває гумової структури, а органолептичні показники особливо колір змінюється до темно сірого, що не є позитивним з точки зору споживача.

За попередніми дослідженнями було встановлено позитивний вплив суміші рисового та кукурудзяного борошна на показники якості макаронних виробів. Тому доцільним було встановити вплив псиліуму на показники якості макаронних виробів з суміші безглютенового борошна. Отримані дані наведені у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Характеристика показників макаронних виробів з суміші безглютенового борошна за додавання псиліуму

	Найменування зразка	Органолептичні показники				Фізико-хімічні показники	
		Колір		Поверхня		Кількість сухих речовин	Привар, %
		Сирі	Сухі	Сирі	Сухі		
1	Суміш рисове борошно:кукурудзяне борошно 70:30 + 1% псиліуму	Світло-жовті з вкрапленнями псиліума	Світло-жовті з вкрапленнями псиліума	Гладка без зламу	Гладка без зламу	1,8	245,3
2	Суміш 70:30 + 3% псиліуму	Кремові з вкрапленнями псиліума	Кремові з вкрапленнями псиліума	Гладка без зламу	Гладка без зламу	1,3	256,8
3	Суміш 70:30 + 5% псиліуму	Темно-сірі	Темно-сірі	Гладка без зламу	Гладка без зламу	1,2	258,0
4	Суміш 60:40 + 1% псиліуму	Світло-жовті з вкрапленнями псиліума	Світло-жовті з вкрапленнями псиліума	Гладка без зламу	Гладка без зламу	1,7	246,4
5	Суміш 60:40 + 3% псиліуму	Кремові з вкрапленнями псиліума	Кремові з вкрапленнями псиліума	Гладка без зламу	Гладка без зламу	1,3	257,0
6	Суміш 60:40 + 5% псиліуму	Темно-сірі	Темно-сірі	Гладка без зламу	Гладка без зламу	1,1	258,0

Таким чином, за комплексом показників, які отримані під час органолептичних та фізико-хімічних досліджень, за додавання псиліуму значно покращуються дані показники, що пов'язано з поліпшеннями фізичних властивостей безглютенового тіста.

### **3.3. Дослідження способу внесення псиліуму до макаронного тіста**

Макаронне тісто суттєво відрізняється від усіх інших тістових мас харчового призначення. Воно замішується крутим вологістю 32,5% і складається в основному із борошна і води. Спочатку тісто являє собою крихтоподібну масу. Потім при наступному обробленні в шнековій камері пресу поступово перетворюється в густу зв'язану масу.

Вибір технологічних режимів замішування макаронного тіста залежить в першу чергу від якості борошняної сировини, наприклад тривалість замісу складає від 5 до 25 хв. Великого значення набуває внесення покращувачів до макаронного тіста з метою поліпшення структурно-механічних властивостей, а саме спосіб його внесення. Більшість харчових добавок - порошки або гранули, які можуть додавати у тісто декількома способами – у сухому вигляді перемішуючи їх з борошном або у вигляді розчину.

Для обґрунтування режимів внесення псиліуму нами було запропоновано способи:

1. дозування в сухому вигляді в борошно при підготовці до виробництва;
2. дозування в сухому вигляді при замішуванні тіста.

Аналіз способів введення добавки в сухому вигляді на стадії підготовки до виробництва свідчить про його доцільність. Як показали результати досліджень перемішування порошкоподібного псиліуму на етапі попереднього змішування з борошном має позитивний вплив на готові макаронні вироби, це пояснюється співпадінням гранулометричного складу борошна пшеничного та борошна псиліуму.

Інша картина спостерігається щодо внесення псиліуму на стадії змішування тіста. Органолептичні показники змішаного тіста вказали на неоднорідність розповсюдження борошна псиліуму по всьому об'єму тістової маси.

Дослідження кулінарних властивостей макаронних виробів з поліпшуючою добавкою псиліум, яку додавали за будь-яким способом вказаним вище, вказують на несуттєвий вплив (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Показники якості макаронних виробів за різного способу введення поліпшуючої добавки

Склад зразка	Тривалість варіння до готовності, хв.	Кулінарні властивості	
		Привар, %	Втрати сухих речовин, %
у сухому вигляді в пшеничне борошно			
Пшеничне борошно +1% псиліуму	12,0	215,0	1,8
Пшеничне борошно +3% псиліуму	10,0	220,1	1,5
Пшеничне борошно + 5% борошна	8,0	236,0	1,2
у сухому вигляді у тісто			
Пшеничне борошно +1% псиліуму	12,0	217,0	1,7
Пшеничне борошно +3% псиліуму	9,7	221,5	1,4
Пшеничне борошно + 5% борошна	8,1	237,10	1,1

Узагальнюючи вищенаведене, можна стверджувати про несуттєвий вплив внесення добавки до макаронних виробів за кулінарними показниками, однак рекомендувати спосіб внесення добавки за органолептичними показниками самого тіста та розподілу борошна псиліуму по всьому об'єму тістової маси можна тільки в сухому вигляді на стадії підготовки сировини до виробництва, тобто змішування борошна пшеничного та псиліуму.

### 3.4. Обґрунтування технологічних режимів виробництва макаронних виробів з псиліумом

Технологія макаронних виробів налічує три типи замісу залежно від температури води теплий – 50...65 °С, гарячий – 75...85 °С, холодний – 20...25 °С.

Відомо, що безглютенову сировину у технології макаронних виробів заварюють, що дозволяє частково клейстеризувати крохмаль, при цьому тісто набуває більшої пластичності, а готові вироби мають більш скловидний вигляд.

Тому, нами було досліджено вплив різної концентрації заварювання борошняної суміші, а саме 30%, 60% та 90%. Заварювання проводили внесенням води до заданого відсотка борошняної суміші з температурою 75...80 °С.

Вологість макаронного тіста складала 45%, концентрація псиліуму 1%, 3%, 5% до маси борошна. Результати представлені на рис. 3.4-3.6.



Рис. 3.4 – Вплив кількості завареної суміші з псиліумом у кількості 30% на привар, %

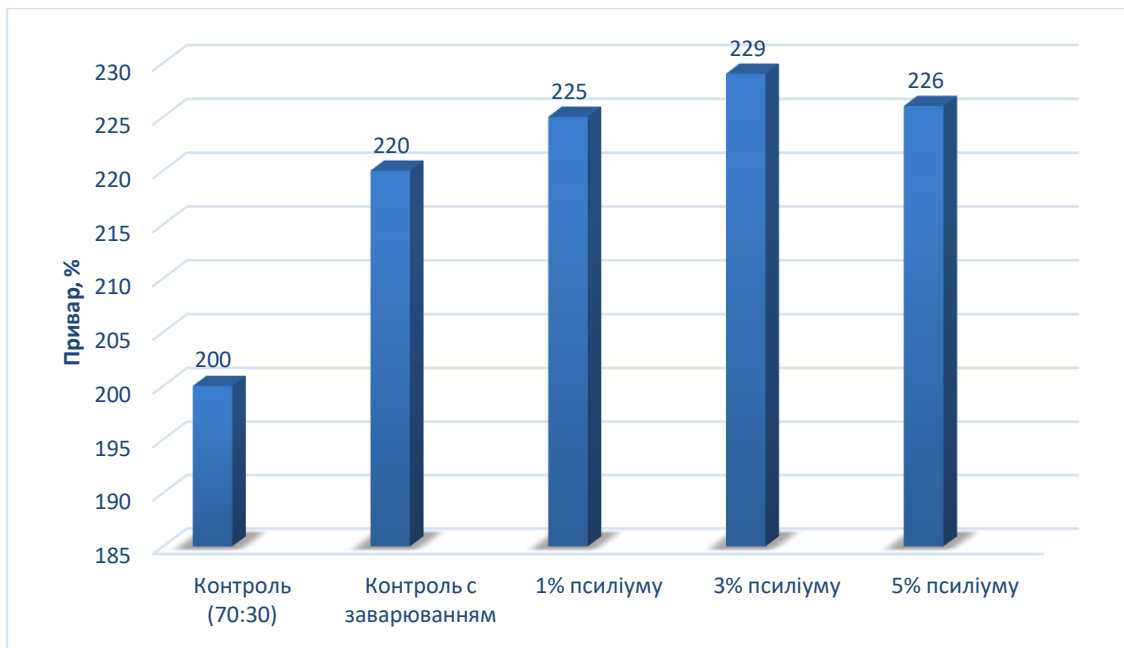


Рис. 3.5. – Вплив кількості завареної суміші з псиліумом у кількості 60% на привар, %

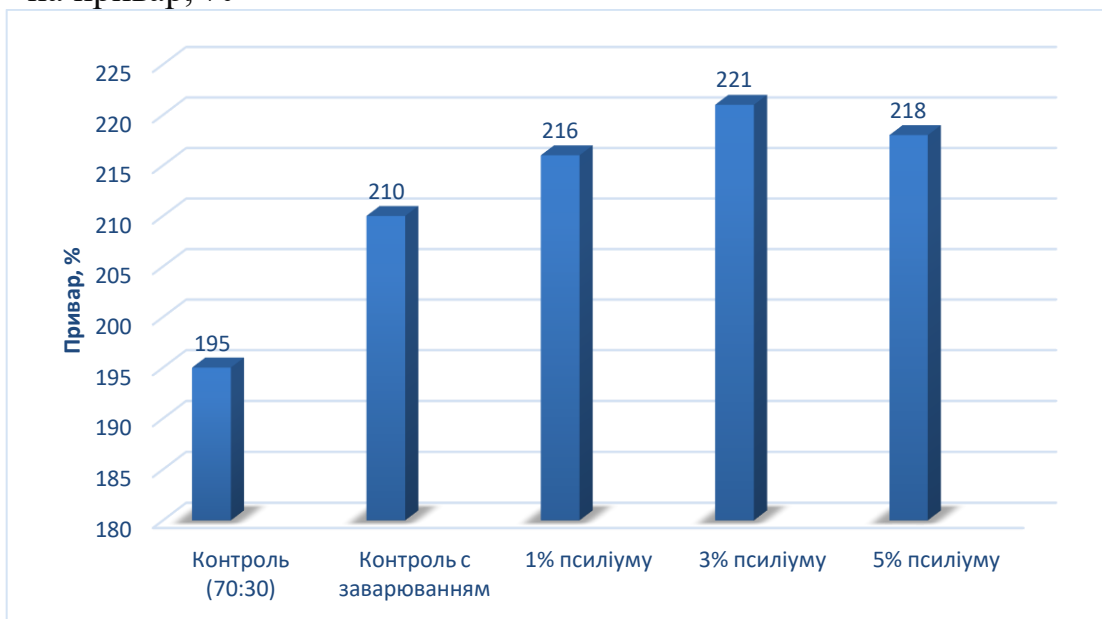


Рис. 3.6 – Вплив кількості завареної суміші з псиліумом у кількості 90% на привар, %

За результатами експериментальних досліджень можна зробити висновки, що заварювання борошняної суміші за додавання псиліуму має вплив на якість макаронних виробів.

Так, при заварюванні борошняної суміші у концентрації 30% показник привару контрольного зразка зростає на 14,9% відносно контрольного зразка без

заварювання, а додавання псиліуму у концентрації 3% до маси борошняної суміші – на 20,7%.

Однак, треба відмітити, що більший показник привару мають зразки макаронних виробів за внесення кількості завареної борошняної сировини 60%.

Наприклад, порівнюючи зразки макаронних виробів за додавання псиліуму 3% привар за внесення завареної борошняної сировини у кількості 30% має показник 216%, а внесення завареної борошняної сировини у кількості 60% – 227%, що перевищує на 5%, а внесення завареної борошняної сировини у кількості 90% знижує показник привару на 2,64% порівняно зі зразком з заваркою у 30%.

Для підтвердження позитивного впливу заварювання безглютенової борошняної суміші у технології макаронних виробів з псиліумом досліджували кількість сухих речовин, що переходять у варильне середовище під час готування (рис. 3.7).

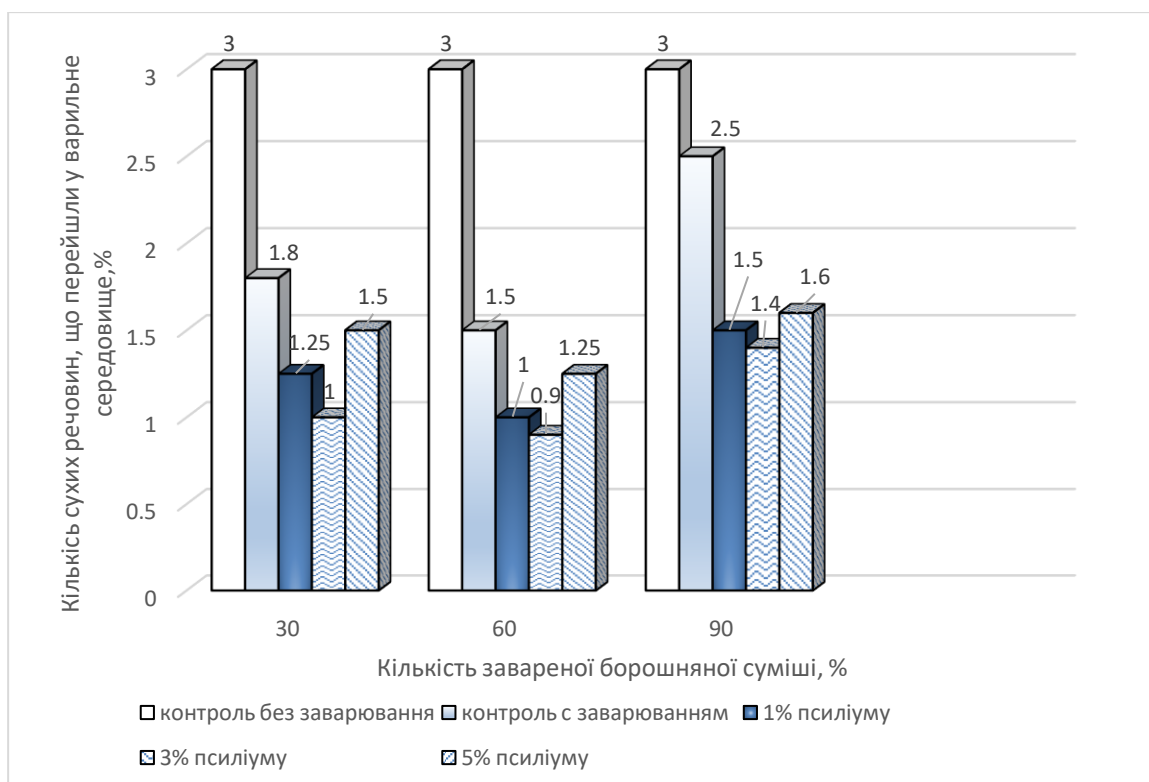


Рис.3.7 – Вплив заварювання борошняної сировини на перехід сухих речовин в варильне середовище, %



Експериментальні дані свідчать, що заварювання кількості борошняної суміші є досить значним фактором. Отже, результати досліджень показали, що самий мінімальний показник переходу сухих речовин у варильне середовище складає у зразків при заварюванні борошняної суміші у кількості 60%. Так за додавання псиліуму у концентрації 3% показник сухих речовин складає 0,9%, а у контрольного зразка без заварювання 3%, що в свою чергу перевищує на 60%, а у контрольного зразка з заварюванням – 1,5%, що перевищують зразок тіста з псиліумом на 33,3%. Найбільш відповідальною стадією виробництва макаронної продукції є сушка. До кінця процесу висушування вологість макаронних виробів зазвичай зменшується до 13,5 -14%, оптимальна вологість продукції перед пакуванням становить не більше 13%, при цьому фіксується їх форма, вироби стають міцними і довго зберігаються. Недосушені макаронні вироби можуть закисати і пліснявіти, а дуже інтенсивна сушка може привести до появи мікротріщин і перевитрати сировини.

Технологія сушіння макаронних виробів в перший період передбачає можливість досить інтенсивного процесу. У другій період можуть утворитися мікротріщини, так як внутрішні шари не мають усадки, а зовнішні - висихають і сідають. На цій стадії потрібно вибрати м'який режим сушіння. Оптимальним вважається режим, при якому швидкість підведення вологи з внутрішніх шарів дорівнює швидкості видалення вологи з поверхні виробу.

Тому нами було цікавим дослідити вплив різної температури сушіння на якісні показники готових безглютенових макаронних виробів. Сушіння проводили за температури 40 °С, 55 °С та 80 °С (2...3 хвилини), а досушування за температури 40 °С. Отримані дані якісних показників наведені у табл. 3.6.

Аналіз отриманих даних показав, що прийнятої якості утворюються макаронні вироби з борошняної суміші за додавання псиліуму 3...5%, при заварюванні 60% борошняної суміші, що в свою чергу призводить до утворення більш пластичного безглютенового тіста та при температурі висушування готових виробів 55 °С порівняно з іншими зразками. Щодо зразків макаронних виробів в яких заварюють борошняну суміш у кількості 90%, то вони мають низькі показники якості. Лабораторними дослідженнями встановлено, що вони мають більш шорстку поверхню з тріщинами.

Таблиця 3.6

## Показники якості макаронних виробів з псиліумом

Найменування зразка	Показники якості					
	колір	стан поверхні	колір	стан поверхні	колір	стан поверхні
	Температура сушіння, °С					
	40		55		80	
	30% заварюваної борошняної суміші					
Контроль (Б <sub>р</sub> :Б <sub>к</sub> ) 70:30	Біло-жовтий	Шорстка, з тріщинами	Біло-жовтий	Шорстка з тріщинами	Біло-жовтий	Шорстка, дуже потріскана
Суміш + 1% псиліуму	Жовтуватий з вкрапл	Шорохувата, з тріщинами	Жовтуватий з вкрапл	Шорохувата з тріщинами	Жовтуватий з вкрапл	Шорохувата з тріщинками
Суміш + 3% псиліуму	Сіруватий з вкрапл.	Гладенька, з тріщинками	Сіруватий з вкрапл.	Гладенька без тріщин	Сіруватий з вкрапл.	Гладка з тріщинками
Суміш + 5% псиліуму	Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму	Гладенька, без тріщин	Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму	Гладенька без тріщин	Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму	Гладка з тріщинками
	60% заварюваної борошняної суміші					
Контроль (Б <sub>р</sub> :Б <sub>к</sub> ) 70:30	Біло-жовтий	Шорохувата, з тріщинами	Біло-жовтий	Шорстка з тріщинами	Біло-жовтий	Шорстка, дуже потріскана
Суміш + 1% псиліуму	Жовтуватий з вкрапл	Шорохувата, з тріщинами	Жовтуватий з вкрапл	Шорохувата з тріщинами	Жовтуватий з вкрапл	Шорохувата з тріщинками
Суміш + 3% псиліуму	Сіруватий з вкрапл.	Гладенька, без тріщин	Сіруватий з вкрапл.	Гладенька без тріщин	Сіруватий з вкрапл.	Гладка з тріщинками
Суміш + 5% псиліуму	Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму	Гладенька, без тріщин	Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму	Гладенька без тріщин	Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму	Гладка з тріщинками

Продовження таблиці 3.6

	90% заварюваної борошняної суміші					
Контроль (Б <sub>р</sub> :Б <sub>к</sub> ) 70:30	Біло-жовтий	Шорохувата з тріщинами	Біло-жовтий	Шорохувата з тріщинами	Біло-жовтий	Шорохувата з тріщинами
Суміш + 1% псиліуму	Жовтуватий з вкрапл		Жовтуватий з вкрапл		Жовтуватий з вкрапл	
Суміш + 3% псиліуму	Сіруватий з вкрапл.		Сіруватий з вкрапл.		Сіруватий з вкрапл.	
Суміш + 5% псиліуму	Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму		Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму		Темно сірий з видимими вкрапленнями псиліуму	

### **3.5. Дослідження вологоутримуючої здатності тіста з безглютенового борошна з псиліумом**

У макаронному тісті та напівфабрикатах макаронних виробів присутні два види форми зв'язку вологи: хімічна і фізико-хімічна.

Хімічно зв'язана вода входить до складу молекул речовини і може бути видалена прокалюванням. При сушінні хімічно зв'язана вода не видаляється.

Фізико-хімічна волога включає два види: адсорбційну і осмотичну.

Адсорбційно-пов'язана волога утримується на зовнішньої і внутрішньої поверхні міцел, які в макаронному тісті представлені згорнутими молекулами білка і гранулами крохмалю.

Більшою мірою адсорбційно пов'язують воду в макаронному тісті зерна крохмалю, ніж білок.

Осмотично пов'язана волога знаходиться у внутрішньому просторі міцел, яка в макаронному тісті зв'язується білком.

У макаронному тісті і напівфабрикатах макаронних виробів велика частина вологи пов'язана осмотично.

При сушінні відбувається видалення адсорбційно і осмотично зв'язаної вологи, причому спочатку видаляється найменш щільнопов'язана осмотична волога, а потім більш щільнопов'язана адсорбційна.

В першу чергу віддає вологу крохмаль, потім білки.

Під час висушування продукту вода перетворюється в пар, який потім видаляється з поверхні виробів. Так видаляється осмотично зв'язана волога.

Адсорбційно пов'язана волога переміщається в пар всередині виробу і у вигляді пари переміщається до його поверхні.

Для перетворення води в пару потрібно затратити певну кількість енергії.

Тому нами було досліджено вплив псиліуму на швидкість видалення вологи у тісті під час сушіння. Для визначення втрат вологи в тісті застосовували ваги-вологомір серії ADGS-50.

Криві сушіння тіста з безглютенової суміші з додаванням псиліуму та за різної кількості завареної борошняної суміші наведено на рис. 3.8-3.10, де видно, що залежно від виду заварювання борошняної сировини та наявності псиліуму вологоутримувальна здатність тіста помітно змінюється.

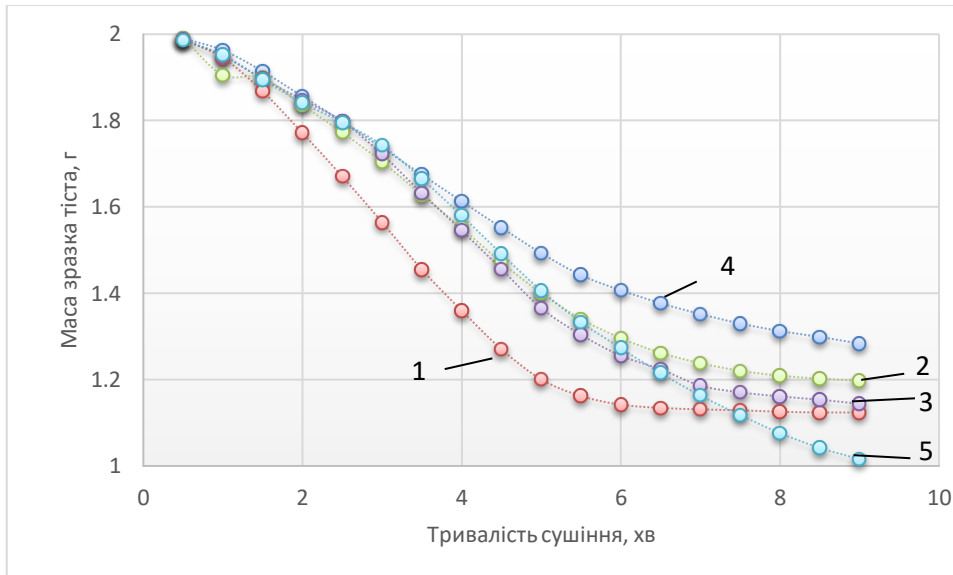


Рис. 3.8 – Зміни маси при сушінні тіста з борошняної суміші завареної у кількості 30% з додаванням псиліуму: 1 – контроль Б<sub>р</sub>:Б<sub>к</sub> 70:30; 2 – контроль Б<sub>р</sub>:Б<sub>к</sub> 70:30 с заварюванням; 3 – 1% псиліуму; 4 – 3% псиліуму; 5 – 5% псиліуму

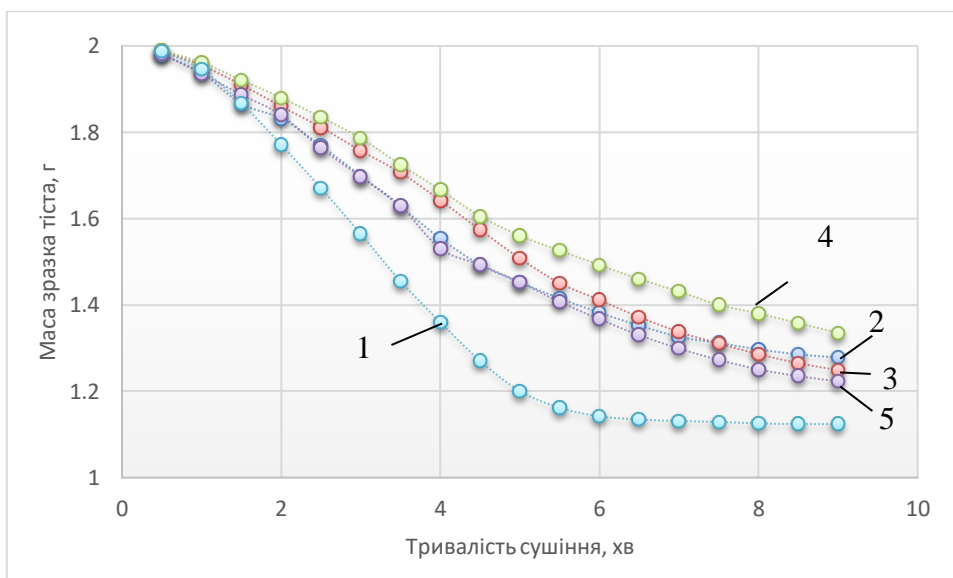


Рис. 3.9 – Зміни маси при сушінні тіста з борошняної суміші завареної у кількості 60% з додаванням псиліуму: 1 – контроль Б<sub>р</sub>:Б<sub>к</sub> 70:30; 2 – контроль Б<sub>р</sub>:Б<sub>к</sub> 70:30 с заварюванням; 3 – 1% псиліуму; 4 – 3% псиліуму; 5 – 5% псиліуму

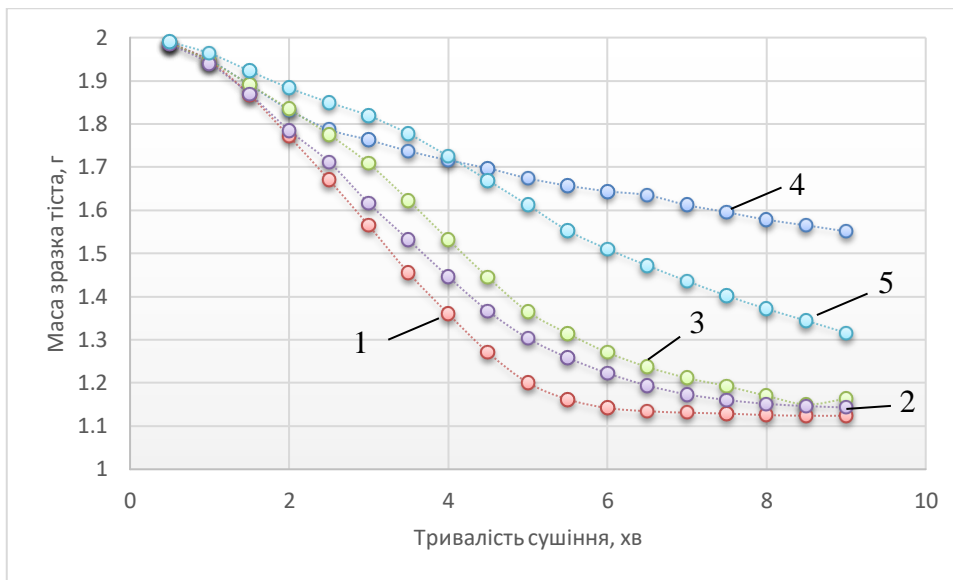


Рис. 3.10 – Зміни маси при сушінні тіста з борошняної суміші завареної у кількості 90% з додаванням псиліуму: 1 – контроль Б<sub>р</sub>:Б<sub>к</sub> 70:30; 2 – контроль Б<sub>р</sub>:Б<sub>к</sub> 70:30 с заварюванням; 3 – 1% псиліуму; 4 – 3% псиліуму; 5 – 5% псиліуму

Додавання псиліуму до борошняної суміші (рис. 3.8-3.10) гальмує процес випаровування вологи: протягом досліджуваного терміну часу контрольний зразок (без псиліуму, без заварювання) втрачає масу швидше, на восьмій хвилині сушіння контрольний зразок має масу 1,15 гр, контрольний зразок з заварюванням борошняної суміші у кількості 30% – 1,25 гр, що перевищує на 6,7% (контрольний зразок без заварювання), а зразок за додавання 3% псиліуму з завареною борошняною сумішшю у кількості 30% – 1,35 гр, що перевищує масу контрольного зразка без заварювання на 14,8%, а контрольний зразок заварений на 8%. Тобто під дією псиліуму та заварюванням борошняної суміші вологоутримувальна здатність тіста з безглютенової борошняної суміші посилюється, швидкість випаровування вологи зменшується.

Можливо це пояснюється тим, що в тісті на основі борошняної суміші відбувається взаємодія між високомолекулярними сполуками борошна та харчовими волокнами псиліуму, що і призводить до змінювання утримувати вологу.

Аналогічна тенденція спостерігається і у зразків тіста з борошняної суміші за додавання псиліуму та заварюванні борошняної сировини у кількості 60% та 90%.

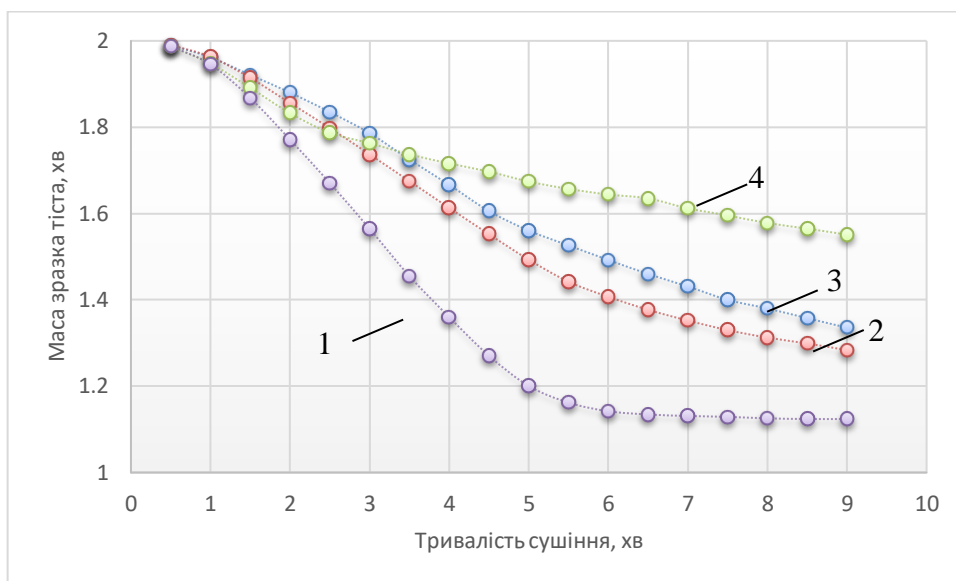


Рис. 3.11 – Зміни маси тіста при сушінні з борошняної суміші завареної у різній кількості з додаванням 3% псиліуму: 1 – контроль Б<sub>р</sub>:Б<sub>к</sub> 70:30; 2 – заварка у кількості 30%; 3 – заварка у кількості 60%; 4 – заварка у кількості 90%

З даних наведених на рисунку порівнюючи вплив кількості завареної суміші в різній кількості і за додавання 3% псиліуму (оптимальна концентрація), ми можемо бачити, що менші втрати вологи відбуваються у зразку тіста з завареною борошняною сумішшю у кількості 90%. Так, маса зразка тіста на восьмій хвилині сушіння за додавання псиліуму у концентрації 3% та заварюванні борошна у кількості 90% має показник маси 1,59 гр, тоді як у зразках тіста при заварюванні борошна у кількості 30% – 1,35 гр, у кількості 60% – 1,39 гр, що вказує на зменшення маси тіста на 14,4% та 17,7% відносно зразка з завареною сумішшю 90%.

### 3.6. Застосування елементів системи НАССР при розробці технологій макаронних виробів

На етапі розробки технології макаронних виробів, базуючись на мінімізації ризиків виникнення нестандартних ситуацій шляхом ідентифікації критичних точок контролю (КТК), враховували доброякісність та безпечність вхідної сировини, високі експлуатаційні характеристики обладнання, санітарно-гігієнічні норми та правила, високій професіоналізм персоналу. Дані наведені в табл.3.7, 3.8.

Таблиця 3.7

Ідентифікація небезпечних чинників в сировині та матеріалах, що використовуються при виробництві макаронних виробів

Найменування сировини чи матеріалу	Нормативний документ	Небезпечні чинники		
		Біологічні (Б)	Хімічні (Х)	Фізичні (Ф)
Борошно рисове та борошно кукурудзяне	ГОСТ 14176-69 ГОСТ Р 31645-2012	БГКП; МАФАМ; КОЕ; Дріжджі, плісені; спори бактерій та грибів; екскременти гризунів	Солі важких металів	Шкідливі домішки
Псиліум	ДСТУ 4161-2003	-	-	Шкідливі домішки
Вода питна	ГОСТ 2874-82 Згідно діючої нормативної документації	Колі - форми	Солі важких металів	Шкідливі домішки

Фізичне забруднення є потенційно можливим (КТК-1...7) за рахунок попадання до продукту шкідливих сторонніх предметів. Тому на всіх стадіях



технологічного процесу рекомендовано здійснювати безперервний візуальний контроль і застосування спеціального обладнання.

Хімічне забруднення (КТК-3) виникає при застосуванні нерегламентованого матеріалу обладнання, який взаємодіє з продуктами під час їх переробки.

Причиною біологічного забруднення (КТК-2, КТК- 4...7) (зростання патогенних мікроорганізмів та грибів) є порушення температурного режиму та вологості продуктів і повітря.

Таблиця 3.8

Ідентифікація граничних значень КТК

Номер КТК	Технологічна операція	Небезпечні чинники			Технологічні параметри	Граничне значення КТК
		Б	Х	Ф		
КТК -1	Просіювання сипких компонентів	-	-	√	Розмірні характеристики сита (d), мм	d≤2
КТК - 2	Заміс тіста	√	-	√	Температура суміші, °С Тривалість замішування, хв	37-42 5-7
КТК – 3	Пресування виробів та їх розроблення	-	√	√	-	-
КТК – 4	Сушіння сирих виробів	√	-	√	Температура повітря, °С Вологість виробу, %	59...61 13...13, 5
КТК – 5	Охолодження виробів	√	-	√	Температура повітря, °С Тривалість, хв. Температура виробу, °С	18-20 20-30 20-22
КТК – 6	Упакування виробів	√	-	√	-	-
КТК - 7	Зберігання виробів	√	-	√	Температура повітря, °С Вологість повітря, відн.%	18...25 65...70

Щоб звести ці ризики до мінімуму, необхідно запроваджувати регламентування швидкості охолодження, проведення процесів при безперервному вимірі температури, чітко дотримуватись санітарних правил для персоналу та обладнання, періодичне проводити інструктажі по санітарному мінімуму та здійснювати санітарну обробку обладнання.

### 3.7. Кваліметрична оцінка якості макаронних виробів

Опираючись на проведені експериментальні дослідження нами розроблена рецептура і визначені технологічні режими приготування макаронних виробів (табл.3.9, 3.10).

Таблиця 3.9

Режими приготування тіста для макаронних виробів

Режими приготування тіста	Локшина «Улюблена»
Вологість тіста, %	45,5±0,5
Температура води для замісу тіста, °C	65...70
Тривалість замісу, хв	9...10

Таблиця 3.10

Рецептура макаронних виробів

Найменування сировини	Витрати сировини на 100 кг борошна, кг
Борошно рисове	70,0
Борошно кукурудзяне	30,0
Вода	10,0
Псиліум	3,0

За органолептичними показниками макаронні вироби відповідають вимогам, зазначеним у табл. 3.11. За фізико-хімічними показниками макаронні вироби відповідають вимогам, зазначеним у табл.3.12. Інформаційні дані про харчову та енергетичну цінність 100 г макаронних виробів наведені в табл. 3.13.

Таблиця 3.11

Органолептичні показники макаронних виробів

Назва показника	Характеристика
Колір	Світло-жовтий, з темнуватими краплями
Поверхня	Гладенька, без тріщин
Форма	Стрічкоподібні, довжиною до 10 см
Смак та запах	Відповідні даному виробу, без сторонніх смаку та запаху
Стан після варіння	Готові вироби повинні зберігати форму, не розварюватися, не склеюватися та утворювати грудочки

Таблиця 3.12

Фізико-хімічні показники макаронних виробів

Назва показника	Нормативні значення
Вологість, %, не більше	13,0
Кислотність, град, не більше	4,5
Масова частка брухту, %, не більше	17,5
Масова частка крихти, %, не більше	12,0
Металомагнітна домішка, мг/1 кг продукту при величині окремих частинок не більше 0,3 мм в найбільшому і найменшому вимірі, не більше	1,0
Наявність шкідників хлібних запасів	Не допускається

## Харчова та енергетична цінність 100г макаронних виробів

Найменування виробів	Харчова цінність			Енергетична цінність	
	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Ккал	кДж
Локшина «Сонячна»	12,8	2,3	70,7	354,7	1482,7

Порівнювальний аналіз рівня якості продукції проводили за допомогою інструментів теоретичної кваліметрії з визначенням комплексного показника якості.

Для оцінки якості готових виробів були обрані основні групи показників: група а – органолептичні показники (зовнішній вигляд ( $P_a^1$ ), колір ( $P_a^2$ ), запах ( $P_a^3$ ), смак ( $P_a^4$ )); група б – варильні властивості (коефіцієнт збільшення маси ( $P_b^1$ ), перехід сухих речовин у варильне середовище ( $P_b^2$ ), збереженість форми зварених виробів ( $P_b^3$ )); група с – харчова та енергетична цінність (вміст білків ( $P_c^1$ ), енергетична цінність ( $P_c^2$ )).

Для знаходження міжгрупових та внутрішньогрупових коефіцієнтів вагомості використано експертний метод. Оцінку здійснено за п'ятидесятибальною шкалою. Для оцінки якості макаронних виробів обрано такі основні групові показники: група А (показники органолептичних властивостей); група В (показники варильних властивостей); група С (харчова та енергетична цінність).

Переведення абсолютних показників якості у відносні здійснювали за формулами, які наведені у розділі 3.

Коефіцієнти вагомості дорівнюють: міжгрупові –  $M_a = 0,38$ ;  $M_b = 0,38$ ;  $M_c = 0,24$ ; внутрішньогрупові –  $m_a^1 = 0,30$ ;  $m_a^2 = 0,25$ ;  $m_a^3 = 0,25$ ;  $m_a^4 = 0,20$ ;  $m_b^1 = 0,30$ ;  $m_b^2 = 0,35$ ;  $m_b^3 = 0,35$ ;  $m_c^1 = 0,70$ ;  $m_c^2 = 0,30$ .

Комплексну оцінку якості проведено через визначення середньозваженого арифметичного показника за формулою (розділ 3).

Значення основних якісних показників макаронних виробів з борошняної суміші рисового та кукурудзяного борошна у співвідношенні 70:30 та розроблених наведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Значення базових, абсолютних, відносних і комплексних показників якості макаронних виробів

Найменування показника якості	Значення показників				
	базовий	абсолютних		відносних	
		Локшина з рисового та кукурудзяного борошна	Локшина «Сонячна»	Локшина з рисового та кукурудзяного борошна	Локшина «Сонячна»
Зовнішній вигляд, бал	48	38	48	0,79	1,00
Колір, бал	48	35	44	0,73	0,92
Запах, бал	45	45	48	1,00	1,07
смак, бал	48	35	47	0,73	0,95
коефіцієнт збільшення маси	2,2	1,9	2,4	0,86	1,09
перехід сухих речовин у варильне середовище, %	3	3	1	0,77	0,95
збереженість форми зварених виробів, %	100	92	99	0,92	0,99
вміст білків у 100 г сухих виробів, г	12	10,3	10,62	0,86	0,89
енергетична цінність 100 г сухих виробів, ккал	350	334	342	0,95	0,95
Комплексний показник якості $K_0$				<b>0,81</b>	<b>0,95</b>

Комплексний показник якості складає: для макаронних виробів з борошна рисового та кукурудзяного без добавок 0,81, локшини «Сонячна»– 0,95, Таким чином, комплексна оцінка якості свідчить, що якість макаронів з борошна рисового та кукурудзяного без додавання псиліуму є суттєво нижчою якості базового зразка (для базового вона дорівнює 1,0). Проте, показник якості зразків з добавками наближається до комплексного показника якості базового зразка за

рахунок поліпшення зовнішнього вигляду і смаку виробів, зниження кількості сухих речовин, що переходять у варильне середовище.

## **РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА З ДОБАВКАМИ**

Аналіз науково-періодичної літератури показав доцільність розробки технології безглютенового рисового хліба з додаванням структуроутворювачів полісахаридної та білкової природи. Перспективним шляхом покращення технологічних показників якості безглютенового хліба є комбінування добавок та визначення їх оптимальних співвідношень. Такий підхід дозволяє значно покращити основні споживчі властивості продукту, насамперед зовнішній вигляд та його структурно-механічні властивості, а також завдяки підвищенню вмісту білка – поліпшити харчову та біологічну цінність. Такий ефект дозволяє знизити у рецептурі вміст структуроутворювачів полісахаридної природи, тривале вживання яких може призвести до дефіциту необхідних організму макро- і мікроелементів.

В основу технологічної схеми виробництва безглютенового рисового хліба з добавками покладено технологічні принципи виробництва традиційного безглютенового хліба. Але для підвищення якості таких продуктів, було запропоновано використовувати комбінацію з структуроутворювачі полісахаридної та білкової природи для покращення ефективності їх дії.

Тому у даному розділі викладено результати дослідження для вирішення наступних завдань: оптимізувати рецептурний склад сировини; встановити раціональні концентрації дріжджів; обґрунтувати технологічні режими замісу тіста, бродіння та розстоювання тіста, а також випікання та зберігання.

### **4.1. Визначення раціонального співвідношення поліпшуючих добавок**

Для дослідження нами обрано найбільш поширені в Україні та світі структуроутворюючі добавки: желатин та агар. По-перше, вони мають високий технологічний потенціал, широко застосовуються у харчовій промисловості, є безпечними, доступними та виробляються в Україні. Внесення даних добавок не викликає у споживачів негативного ставлення, оскільки вони є звичними

компонентами продуктів здорового харчування. По-друге, загальновідомо, що дані добавки володіють високими водозв'язуючими та водоутримуючими властивостями, що суттєво впливає на здатність безглютенового хліба до зберігання [1-3]. По-третє, можна припустити, що утворення білок-полісахаридних зав'язків при сумісному використанні желатину та агару у технології безглютенового хліба призведе до покращення його структурно-механічних та споживчих властивостей.

Отже, на першому етапі експерименту було проведено дослідження впливу агару та желатину окремо у різних концентраціях на структурно-механічні властивості безглютенового рисового хліба. Літературні дані свідчать про те, що використання желатину у технології хлібобулочних виробів обмежується вмістом від 0,25 до 1,5% до маси борошна, оскільки внесення менше ніж 0,25% не призводить до суттєвих змін якості продуктів, а більше 1,5% - спричиняє появу неприємного запаху та потемніння м'якушки хліба [4, 5]. Показники якості рисового безглютенового хліба при внесенні желатину показані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вплив різної концентрації желатину на якість хлібу з рисового борошна

Масова частка желатину, %	Питомий об'єм, г/см <sup>3</sup>	Пористість, %	Характеристика м'якушки
Без добавки	2,02	37	Пористість погано розвинена, пори практично відсутні, спостерігається залипання м'якушки
0,25	2,05	43	Пористість погано розвинена, пори нерівномірні, спостерігається залипання м'якушки
0,50	2,15	50	Пористість розвинена, пори нерівномірні, відсутнє залипання м'якушки
0,75	2,24	49	Пористість розвинена, пори рівномірні, дрібні, відсутнє залипання м'якушки
1,25	2,37	52	Пористість розвинена, пори рівномірні, дрібні, відсутнє залипання м'якушки
1,50	2,4	52	Пористість розвинена, пори рівномірні, дрібні, підвищена крихкуватість м'якушки



Результати дослідження показують позитивний вплив желатину на якість безглютенового рисового хліба. При внесенні 1,5% желатину зростає питомий об'єм хліба, у порівнянні з контрольним зразком, на 20%, та пористість - на 13,5%. Можливо це спричинено підвищенням газотримуючої здатності тіста. Пористість виробів при внесенні желатина від 0,75% і вище добре розвинена, пори дрібні, рівномірно розподілені у структурі м'якушки.

Результати дослідження показують позитивний вплив желатину на якість безглютенового рисового хліба. При внесенні 1,5% желатину зростає питомий об'єм хліба, у порівнянні з контрольним зразком, на 20%, та пористість - на 13,5%. Можливо це спричинено підвищенням газотримуючої здатності тіста. Пористість виробів при внесенні желатина від 0,75% і вище добре розвинена, пори дрібні, рівномірно розподілені у структурі м'якушки.

Вплив агару на показники якості хліба з рисового борошна (табл. 4.2) має наступний характер: при внесенні його у кількості 0,01% питомий об'єм зростає на 24,6%, а пористість збільшується більш ніж на 20%.

Таблиця 4.2

Вплив різної концентрації агару на якість хлібу з рисового борошна

Масова частка желатину, %	Питомий об'єм, г/см <sup>3</sup>	Пористість, %	Характеристика м'якушки
Без добавки	2,02	37	Пористість погано розвинена, пори практично відсутні, спостерігається залипання м'якушки
0,01	2,52	55	Пористість добре розвинена, пори рівномірні, дрібні, залипання м'якушки відсутнє
0,05	1,50	52	Пористість добре розвинена, пори рівномірні, дрібні, підвищена крихкуватість м'якушки
0,10	1,37	44	Пористість розвинена, пори рівномірні, дрібні, підвищена крихкуватість м'якушки
0,25	1,34	45	Пористість погано розвинена, пори практично відсутні, підвищена крихкуватість м'якушки
0,5	1,20	37	Пористість погано розвинена, пори практично відсутні, підвищена крихкуватість м'якушки

Подальше збільшення проценту агару, що вноситься у тісто призводить до утворення більш щільної та крихкуватої структури м'якушки. Певно, такий результат спричинено високими водозв'язуючими властивостями агару. Таким чином підвищення вмісту агару більше 0,01% до маси борошна вважаємо не доцільним.

На рис 4.1 представлено зовнішній вигляд безглютенового рисового хліба за додавання желатину та агару у різних концентраціях. Помітно, що при внесенні желатину скоринка хліба має більш випуклу форму, але при цьому на поверхні з'являються надриви, при внесенні агару, надриви на поверхні відсутні, але скоринка пласка та не виразна. Таким чином, внесення добавок окремо не дозволяє отримати хліб високої якості, тому на наступному етапі експерименту було прийнято рішення провести дослідження впливу добавок-структурутворювачів у суміші на якість безглютенового рисового хліба.

Оскільки у попередньому дослідженні впливу агару (табл. 3.2) було визначено, що не доцільно вносити агар у кількості вище 0,01% до маси рисового борошна, таку концентрацію було прийнято за константу та в подальшому варіювали кількістю желатину.



А



Б

Рис 4.1 - Зовнішній вигляд рисового безглютенового хліба. А – за додавання желатину у різних концентраціях; Б - за додавання агару у різних концентраціях.

Результати комбінованої дії желатину та агару представлені в таблиці 3.3. Встановлено, що кращий результат отримано при сумісному застосуванні добавок. При внесенні желатину 1,5% та агару 0,01%, пористість хліба зростає майже на 29%, а питомий об'єм при цьому вище на 17% ніж у контрольного зразка. При збільшенні концентрації желатину при сталій агару 0,01%, пористість хліба погіршується, структура м'якушки ущільнюється та стає липкою.

Також досліджували зовнішній вигляд хліба при внесенні агару та желатину (рис. 4.2). Результати показують, що найкращого зовнішнього вигляду можна досягти при внесенні 1,25 та 1,50% желатину до маси рисового борошна. При цьому скоринка стає випуклою та гладкою, з меншою кількістю тріщин у порівнянні зі зразками лише при внесенні желатину.

Таблиця 4.3

Вплив різної концентрації желатину на якість хлібу з рисового борошна при внесенні агару у кількості 0,01% до маси борошна

Масова частка желатину, %	Питомий об'єм, г/см <sup>3</sup>	Пористість, %	Характеристика м'якушки
Без добавки	2,02	37	Пористість погано розвинена, пори практично відсутні, спостерігається залипання м'якушки
0,1	2,07	43	Пористість погано розвинена, пори практично відсутні, спостерігається залипання м'якушки
0,25	2,13	45	Пористість розвинена, пори нерівномірні, відсутнє залипання м'якушки
0,5	1,15	45	Пористість розвинена, пори рівномірні, дрібні, відсутнє залипання м'якушки
0,75	1,18	45	Пористість добре розвинена, пори рівномірні, дрібні, залипання м'якушки відсутнє
1,25	2,25	48	Пористість добре розвинена, пори рівномірні, дрібні, залипання м'якушки відсутнє
1,5	2,28	54	Пористість добре розвинена, пори рівномірні, дрібні, залипання м'якушки відсутнє



Рис 4.2 - Зовнішній вигляд рисового безглютенового хліба при внесенні желатину та агару.

Таким чином при вирішенні поставленої задачі рекомендовано наступні концентрації добавок для виробництва безглютенового рисового хліба: концентрація желатину 1,5% сумісно з агаром – 0,01% до маси борошна.

Але вибір оптимальної кількості структуроутворювачів не є єдиним фактором, що визначає якість безглютенового рисового хліба. Також суттєву роль у формуванні споживчих властивостей відіграють такі чинники як кількість води та дріжджів, тому на наступному етапі експерименту було проведено дослідження впливу кількості інших компонентів хліба на його якість.

#### **4.2. Вплив рецептурних компонентів на якість безглютенового рисового хліба**

Відомо, що вологість тіста є визначальним фактором при формуванні структурно-механічних властивостей напівфабрикатів та готового продукту. Тому на наступному етапі досліджень було проведено експеримент щодо встановлення залежності між кількістю рідкої фази тіста та якістю готових продуктів.

Дослідження проводили на зразках з рисового хліба без добавок, оскільки даний компонент є основою борошняної рецептурної суміші, тому його водопоглинальна здатність максимально впливає на кількість рідкої фази. З

літературних джерел визначено, що оптимальною вологістю замісу при виробництві безглютенового хліба є 57% [6].

Вплив вологості замісу на технологічні показники рисового безглютенового хліба приведено в табл. 4.4. Встановлено, що оптимальною вологістю рисового хліба є 67%. При збільшенні вологості на першому етапі спостерігається підвищення питомого об'єму хліба та утворення нерівномірної пористої структури, однак при збільшенні вологості вище 67%, ці показники починають знижуватися та структура м'якушки стає надто липкою та вологою з крупними нерівномірними порами.

Таблиця 4.4

Залежність технологічних показників рисового хліба від вологості замісу

Вологість замісу, %	Питомий об'єм, г/см <sup>3</sup>	Пористість, %	Характеристика м'якушки
61	2,02	37	Пор немає, однорідна груба та липка структура
62	2,04	39	Однорідна структура, пористість нерівномірна, дрібноячеїста, липка
65	2,18	41	Пористість погано розвинена, існують великі пори
67	2,3	45	Рівномірно пориста, пори дрібні, без порожнин, не липка, добре пропечена
69	1,62	43	Пористість нерівномірна, існують великі пори, м'якш липкий
71	1,54	22	Нерівномірно пориста, пори різного розміру, м'якш дуже вологий

Таким чином, для подальших досліджень, базовою вологістю для виробництва безглютенового рисового хліба на основі рисового борошна було обрано 67%.

Крім того, помітний вплив на якість хлібобулочних виробів спричиняє масова частка дріжджів. Для аналізу дії даного показника доцільно використовувати питомий об'єм хліба, оскільки існує пряма кореляція між цими значеннями.

Для проведення експериментальних досліджень використовували дріжджі хлібопекарські пресовані. Результати досліджень показані на рис. 4.3.

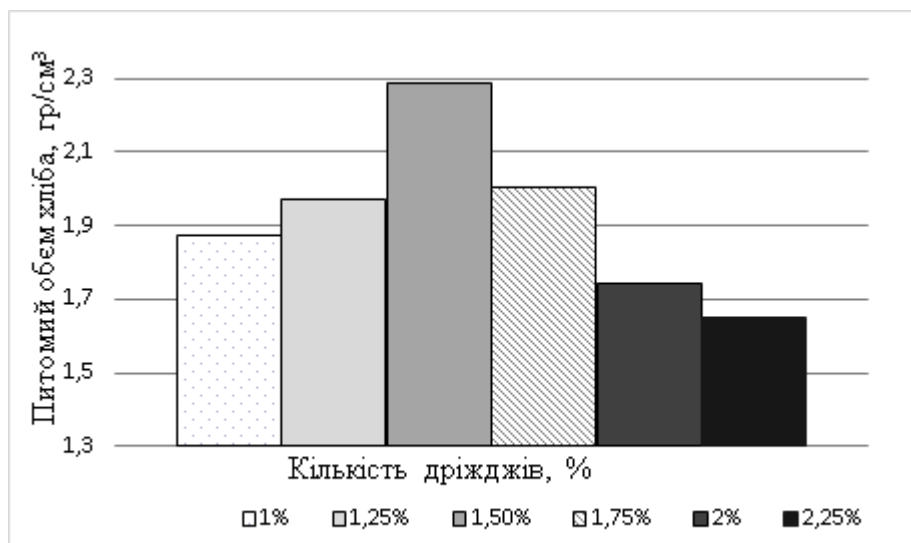


Рис. 4.3 – Залежність питомого об'єму хліба, від кількості дріжджів, що вносять до рецептури рисового тіста

З рисунка видно, що при внесенні дріжджів 1...1,5%, питомий об'єм хліба значно підвищується, починаючи з 2% дріжджів, об'єм хліба починає знижуватися, можливо це пов'язане з уповільненням бродильної активності дріжджів.

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок, що для виробництва хліба з рисового борошна потрібно обирати вологість тіста 67% та кількість дріжджів, що входять у склад рецептури 1,5%.

Безсумнівно рецептурні компоненти суміші суттєво впливають на структурно-механічні, технологічні та споживчі властивості хліба, проте, як відомо, якість хлібобулочних виробів формується на усіх технологічних етапах

виробництва. Тому наступним поставленим завданням постав аналіз технологічних режимів замісу, бродіння, розстоювання та випікання заготівель.

### 4.3. Обґрунтування технологічних режимів тістоведення

Важливим чинником, обумовлюючим хлібопекарські властивості борошняної сировини, є інтенсивність бродіння тіста. Внесення до рецептурного складу безглютенового тіста структуроутворювачів різної природи з метою регулювання його технологічних властивостей може суттєво вплинути на інтенсивність бродіння та на активність амілолітичних ферментів борошна.

Варто відзначити, що бродіння безглютенового тіста проходить значно інтенсивніше ніж пшеничного, тому дослідження проводили протягом 80 хв. Результати показують (рис.4.4) кількість накопичення діоксиду вуглецю за 80 хв бродіння тіста з безглютенового борошна.

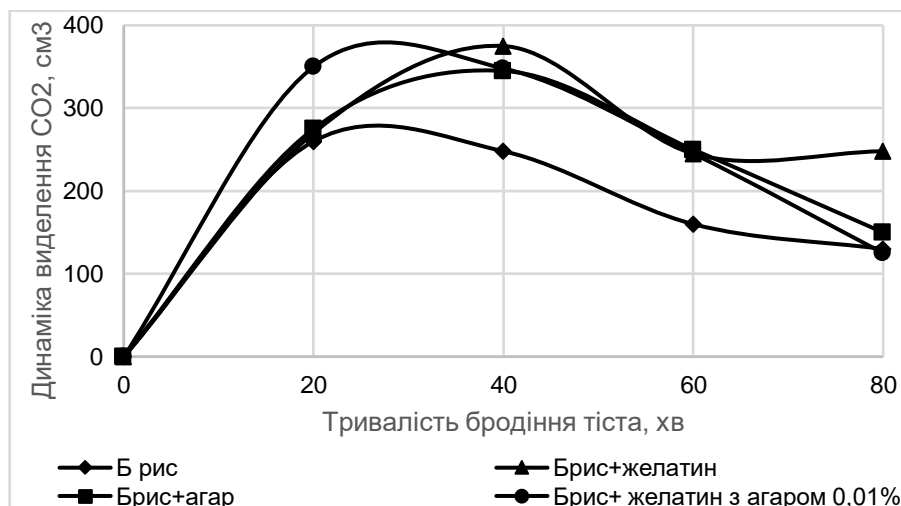


Рис. 3.4 – Динаміка виділення діоксиду вуглецю безглютенового рисового тіста

Результати показують, що внесення добавок полісахаридної та білкової природи призводить до зростання кількості накопичення діоксиду вуглецю в безглютеновому тісті на 33...44%. Така залежність, можливо, обумовлена утворенням додаткової структурної сітки, яка утримує виділений діоксид вуглецю в тісті. Також результати досліджень показують, що внесення добавок призводить до незначного сповільнення процесу бродіння тіста. В більшості

випадків пік накопичення діоксиду вуглецю зміщується на 15...20 хв., а у випадку використання структуроутворювачів необхідно подовжувати бродіння до 50 хв.

З метою встановлення рекомендованих режимів бродіння тіста було проведено дослідження зміни об'єму тіста. Встановлено, що внесення добавок дещо зміщують пік процесу бродіння (рис. 4.5).

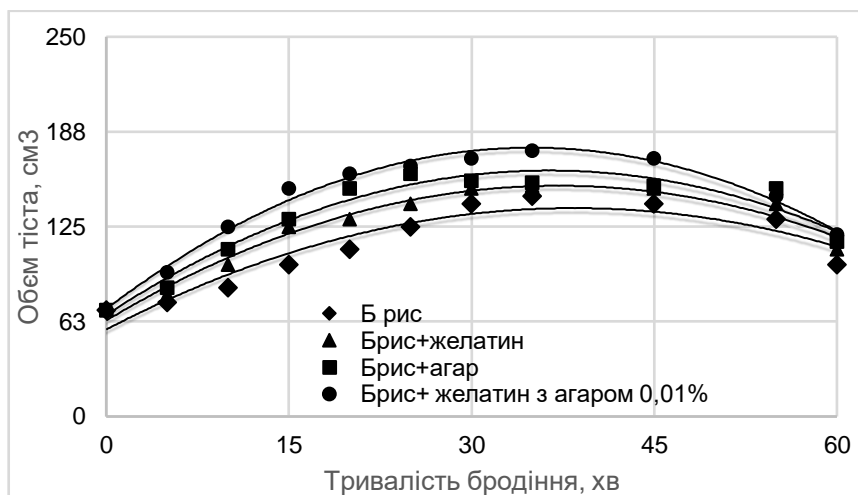


Рис 4.5 – Зміна об'єму безглютенового рисового тіста під час бродіння

Таким чином визначено, що рекомендована тривалість бродіння тіста з рисового борошна з додаванням желатину складає 45...50 хв, з додаванням агару – 25...30 хв, з додаванням суміші желатину та агару – 35...45 хв.

Останнім етапом, що впливає на якість кінцевого продукту є випікання. Тому для оцінки якості рисового безглютенового хліба важливим є пошук значення тривалості випікання, при якому формується скоринка на поверхні виробів, відбувається клейстеризація крохмалю, денатурація білків, м'якушка втрачає надмірну липкість, а вироби набувають добрих споживчих властивостей.

Важливим критерієм оцінки поведінки тіста під час термічної обробки є водоутримуюча здатність тіста та швидкість випаровування вологи (рис 4.6).



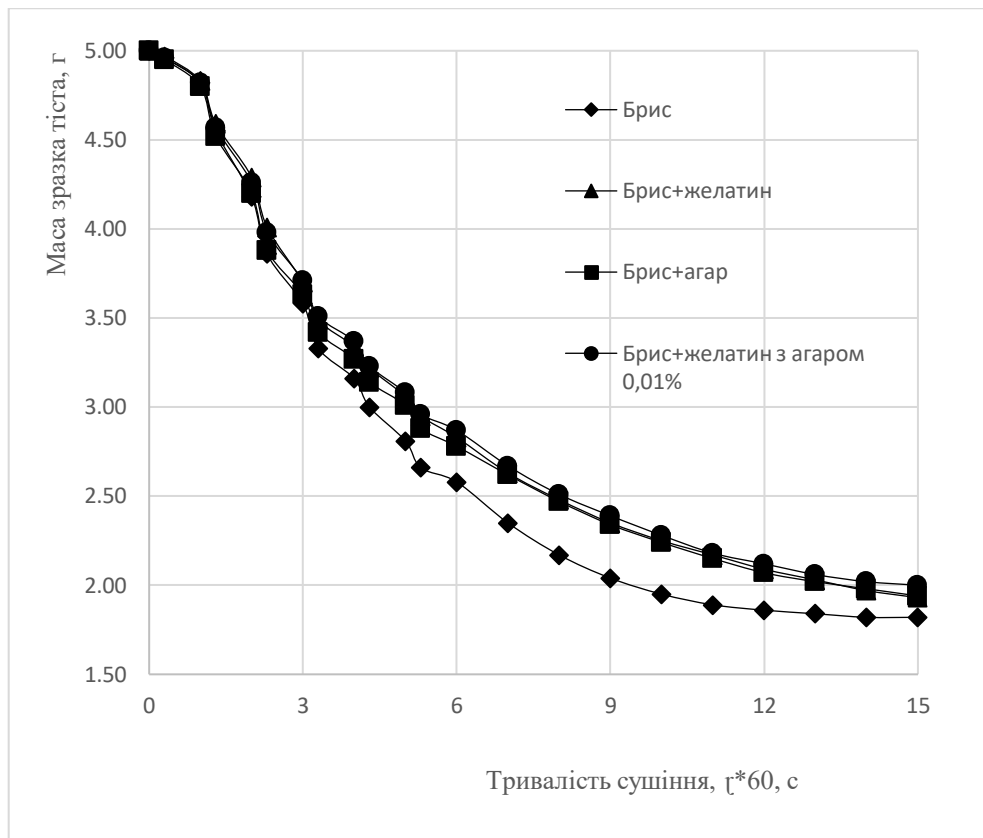


Рис 4.6 – Швидкість випаровування вологи з рисового безглютенового тіста при внесенні добавок

Результати експериментальних досліджень вказують на те, що внесення желатину та агару дещо знижує кількість вологи, що випарувалася. У випадку використання соняшникового борошна даний показник знижується на 2...3% у порівнянні з тістом без добавок. Використання желатину та агару окремо призводить до зниження кількості вологи, що випарувалася в середньому на 6% а в суміші – на 10%. Такий результат можна пояснити наявністю гідрофільних молекул на поверхні добавок, що здатні зв'язувати вологу та перешкоджати її швидкому випаровуванню.

На наступному етапі дослідження важливо було провести оцінку якості хліба в залежності від тривалості випікання. На основі результатів експериментальних досліджень побудовано зірки якості та визначено раціональну тривалість випікання (рис. 4.7)

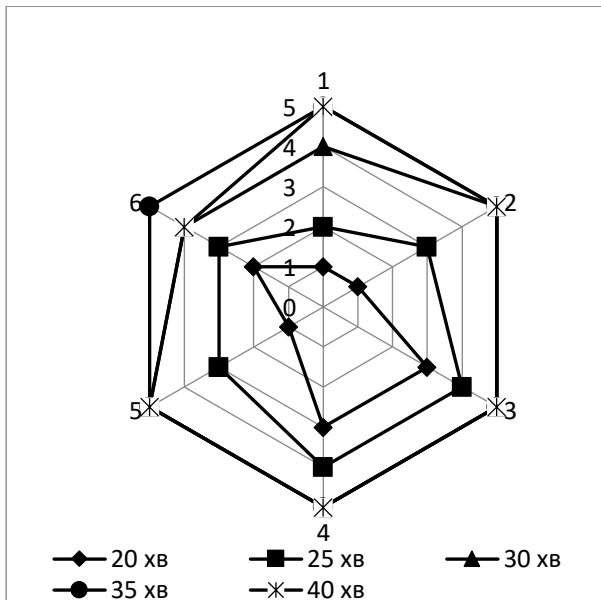


Рис. 4.7 Зірки якості безглютенового хліба на основі рисового борошна (в залежності від тривалості температурної обробки (1 – липкість м'якушки, 2 – липкість поверхні, 3 – пористість, 4 – наявність скоринки, 5 – наявність не пропечених ділянок, 6 – неоднорідність поверхні)

Оцінку проводили за 5-тибильною шкалою:

– липкість м'якушки: 1 – липка, в'язка, не пропечена, 2 – липка, не пропечена, 3 – липка в середині, пропечена з країв, 4 – пропечена по всьому об'єму, присутня незначна липкість, 5 – пропечена по всьому об'єму, надмірна липкість відсутня;

– липкість скоринки: 1 – липка, не відокремлюється від форми, 2 – липка, частково відокремлюється від форми, 3 – повністю відокремлюється від форми, однак присутня надмірна липкість, 4 – присутня незначна липкість, 5 – надмірна липкість відсутня;

пористість: 1 – відсутня, 2 – незначно розвинена, 3 – розвинена з країв м'якушки, в середині відсутня, 4 – нерівномірно розвинена по всьому об'єму м'якушки, 5 – добре та рівномірно розвинена;

наявність скоринки: 1 – відсутня повністю, 2 – незначно розвинена у верхній частині хліба, 3 – розвинена у верхній частині хліба та відсутня на бокових частинах, 4 – нерівномірно розвинена по всій поверхні хліба, 5 – рівномірно розвинена по всій поверхні хліба.

наявність не пропечених ділянок: 1 – практично вся поверхня зрізу не пропечена, 2 – не пропечені ділянки присутні з усіх частинах зрізу хліба, 3 – не пропечені ділянки присутні лише у центральній частині хліба, 4 – незначна кількість не пропечених ділянок, 5 – відсутність не пропечених ділянок;

неоднорідність поверхні: 1 – практично вся поверхня хліба не однорідна, 2 – неоднорідні ділянки присутні з усіх сторін хліба, 3 – неоднорідні ділянки присутні лише у верхній частині хліба, 4 – незначна кількість неоднорідних ділянок, 5 – відсутність неоднорідних ділянок.

Результати показують, що досягти повної готовності хліба на основі рисового борошна можна після 35 хвилин випікання при температурі 260 С. При подовженні тривалості термічної обробки якість хліба не змінюється, тому тривала термічна обробка є не доцільною з економічної точки зору.

Таким чином, на основі проведених досліджень можна стверджувати, що внесення добавок полісахаридної та білкової природи не призводить до значних змін швидкості випаровування вологи з тіста, тому збільшення тривалості термічної обробки не є доцільним.

## **РОЗДІЛ 5. ВИВЧЕННЯ СТАНУ БІОПОЛІМЕРІВ, МІКРОФЛОРИ І ВОДИ В БЕЗГЛЮТЕНОВОМУ ТІСТІ**

Дослідженнями показників якості хлібобулочних виробів з безглютенової борошняної сировини (розділ 4) доведено необхідність і можливість регулювання структурно-механічних властивостей тіста та хлібобулочної продукції.

Детального дослідження потребує перебіг процесів тістоутворення (фізико-хімічних, біохімічних, реологічних і мікробіологічних процесів, що є визначальними під час замішування і бродіння, формування і розстоювання тіста), теплової обробки тістової заготовки (вивчення гідратаційних процесів, що впливають на втрати вологи під час випікання).

### **5.1. Вплив добавок білкової та полісахаридної природи на волоغوутримуючу здатність тіста з рисового борошна**

Здатність борошна поглинати та зв'язувати воду, а також здатність тіста та хліба утримувати її з певним ступенем зв'язаності відіграє важливу роль у хлібопекарному виробництві. Від цього залежить якість та строки зберігання готового продукту. Суттєвим чинником, що впливає на здатність борошна зв'язувати воду, є білкові речовини сировини. В першу чергу, йдеться про водонерозчинні фракції клейковинних білків.

Для регулювання волоغوутримуючої здатності борошна та тіста фахівці пропонують застосовувати добавки різного хімічного складу та походження, а саме сою, ферменти, мікробіодорості та ін. [52-55].

Одними з найбільш ефективних добавок для поліпшення волоغوутримуючої здатності визнано гідроколоїди рослинного походження [56, 57]. Їх рекомендовано застосовувати в технологіях хлібопекарських виробів як з пшеничного борошна, так і з безглютенової борошняної сировини. Ефективність їхньої дії достатньо детально досліджена і експериментально доведена.

Вченими [58] досліджено реологічні властивості змішаних агаро-желатинових драглів, які мають підвищену пластичність та знижену пружність.

Досліджено вплив гліцерину та агару на реологічні властивості драглів желатину [59]. Запатентовано новий комплексний драглеутворювач – суміш агару та желатину [60].

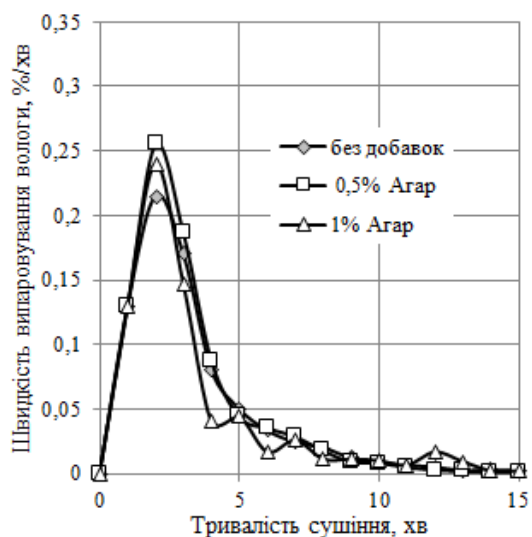
Метою дослідження було вивчення вологоутримуючої здатності рисового борошна в присутності поліпшуючих добавок білкової (желатин) і полісахаридної (агар) природи.

Об'єктами досліджень було обрано борошно рисове (ТМ «Сто пудів»); вода питна; желатин (ТМ «Мрія») та агар (ТМ «Приправка»). Відбір і підготовку проб проводили за єдиною методикою за ГОСТ 27668-88. Визначення втрат вологи проводили за допомогою вагів-воломіру ADGS-50, застосовуючи термогравіметричний метод, який полягає у визначенні маси підготовленого зразка до і після його висушування шляхом нагрівання.

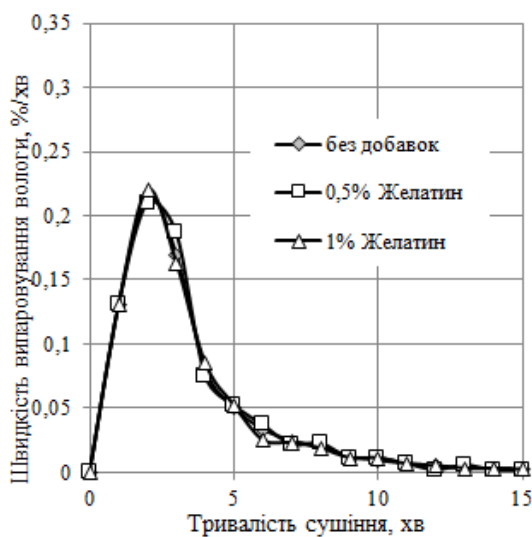
На першому етапі досліджень вивчали вплив виду (агар, желатин, агар та желатин сумісно) і кількості добавок (0,5 та 1 г на 100 г борошна) на швидкість випаровування вологи зі зразків тіста під час сушіння. Досліджували борошняне тісто зі співвідношенням борошно:вода як 100:100, 100:140 та 100:160. Результати експериментальних досліджень для зразків зі співвідношеннями 100:100 та 100:160 наведено на рис.5.1-5.2.

Аналіз кривих свідчить, що для всіх зразків спостерігається загальна закономірність – існування двох етапів, протягом яких швидкість втрати маси при сушінні суттєво. На першому етапі сушіння (10 хв від початку сушіння) швидкість випаровування вологи і зниження маси тіста стрімко зростає. На другому етапі (після 10 хв сушіння) швидкість випаровування знижувалась, а після 15 хв - практично не змінювалась.

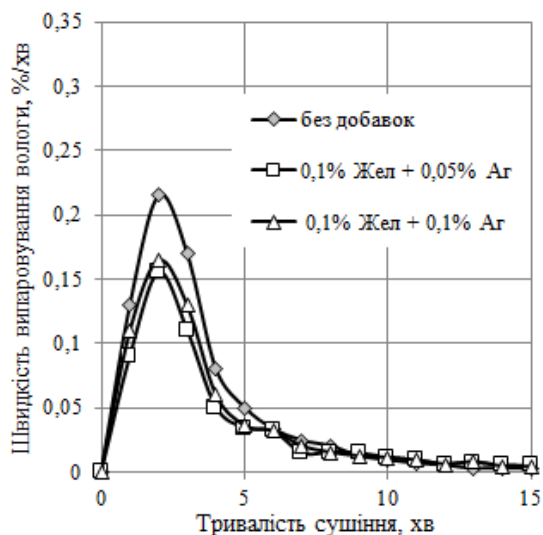
За рівного співвідношення борошна й води (рис. 5.1) внесення агару у кількості 0,5...1,0% прискорює швидкість випаровування вологи з рисового тіста у перші 5 хвилин сушіння на 11...18%. Внесення желатину суттєво не впливає на зміну швидкості випаровування вологи з тіста.



А)



Б)



В)

Рис. 5.1 – Швидкість втрати вологи при сушінні тіста з борошна рисового (співвідношення борошно:вода як 100:100) з додаванням агару (а) та желатину (б) харчових, та їх суміші (в) (% до маси борошна)

Внесення суміші агару та желатину призводить до уповільнення випаровування вологи з тіста на 23...28%. Такий результат можна пояснити тим, використання комбінації структуроутворювачів білкової та полісахаридної природи сприяє утворенню додаткових гідрофільних зв'язків та зниженню швидкості випаровування вологи.

Підвищення вологості тіста до співвідношення борошно:вода 1:1,4 показали подібну тенденцію, але при додаванні більшої кількості вологи (співвідношення 1:1,6, рис.5.2) спостерігається зміна закономірностей випаровування вологи залежно від наявності добавок. Усі зразки при внесенні

агару та желатину, а також у суміші показують зниження швидкості випаровування вологи з тіста.

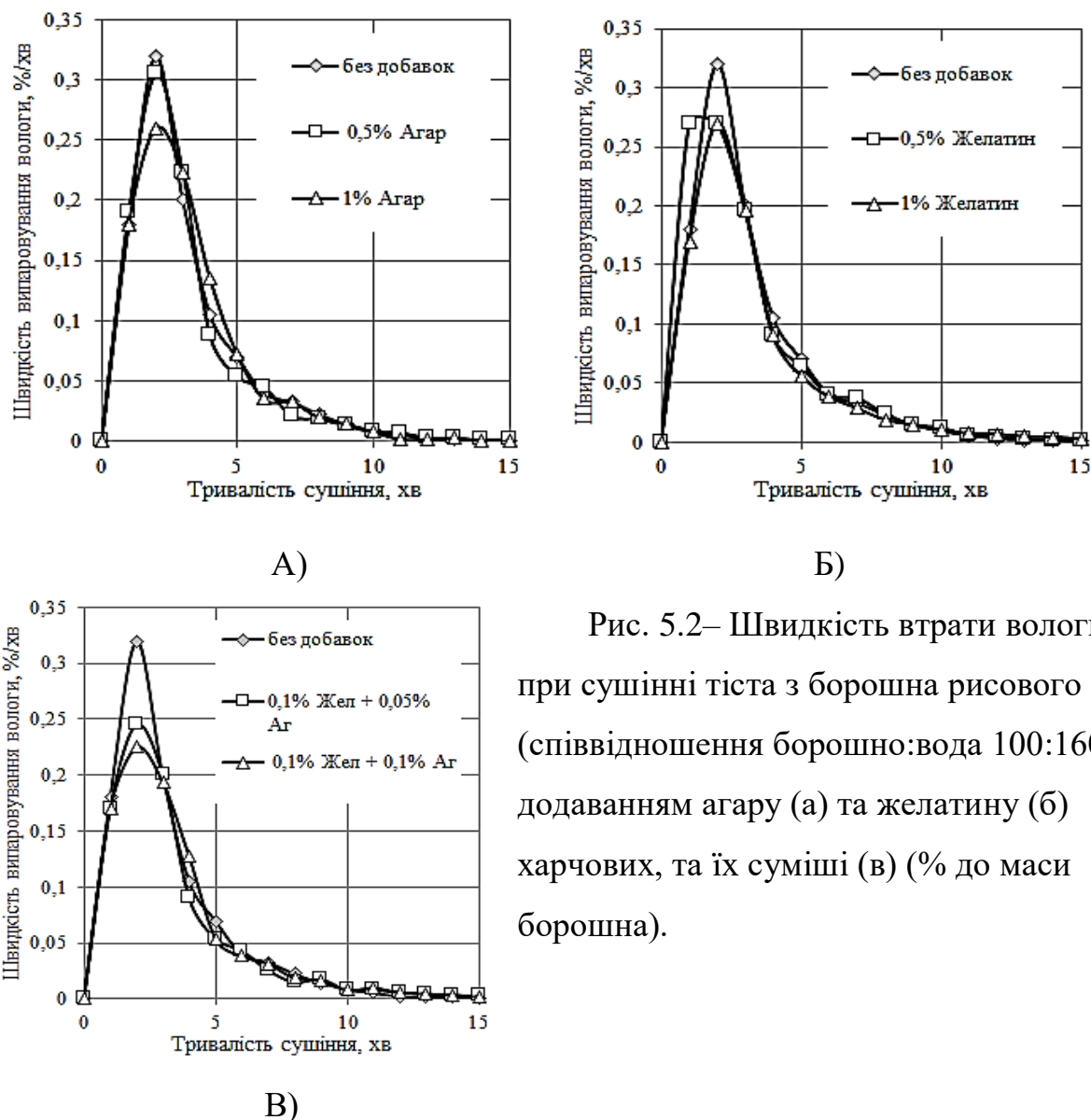


Рис. 5.2– Швидкість втрати вологи при сушінні тіста з борошна рисового (співвідношення борошно:вода 100:160) з додаванням агару (а) та желатину (б) харчових, та їх суміші (в) (% до маси борошна).

Застосування агару у тісті з підвищеною вологістю призводить до зниження швидкості випаровування вологи на 19%, внесення желатину – на 15%, сумісне застосування цих добавок – на 30%.

Доведено ефективний вплив добавок білкової та полісахаридної природи на водоутримуючу здатність тіста. Більш наглядно це спостерігається при додаванні суміші агару та желатину в тісті з підвищеною вологістю. Швидкість випаровування вологи в таких умовах суттєво знижується. Це дозволить

отримати вироби більш стійким до черствіння і як наслідок зберегти свіжість хліба на більш довгий термін.

## **5.2. Титриметричний аналіз взаємодії біополімерів борошняної сировини з структуроутворювачами білкової та полісахаридної природи**

Головна роль в утворенні білкового каркаса належить гідрофобним взаємодіям між неполярними групами білкових молекул. Значну роль у виникненні структурного каркаса тіста грають окислювально-відновні реакції. Перемішування тіста в атмосфері повітря викликає окислення сульфгідрильних груп киснем з утворенням дисульфідних зв'язків, що зміцнює структуру білка, збільшує її еластичність і міцність.

Зміна рН середовища впливає на структурні сили тіста. Зниження рН призводить до зменшення сил структурного відштовхування, а зростання значень рН – до його збільшення.

До руйнування особливої структури граничних шарів води веде, як відомо, і підвищення температури, що послаблює міжмолекулярні водневі зв'язки в воді, відповідальні за подальшу дію структурних сил.

Тісто є складною системою, яка в різних умовах проявляє властивості пружного тіла або в'язкої рідини. Для нього характерні такі реологічні властивості, як в'язкість, пружність, еластичність, пластичність, релаксація. Вони залежать від величини деформації і її характеру, сили борошна, вологості тіста, температури тістопечення, рецептури, властивостей сировини, і т.д.

Досліджували водно-борошняні суспензії на основі рисового борошна з желатином та агаром харчовими та їх сумішшю.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що застосування желатину та агару помітно змінює буферні властивості борошна. На першому етапі титрування здійснювали кислотою. На рис.5.3 та 5.4 наведено результати титрування на прикладі водно-борошняних суспензій з додаванням желатину та агару на основі рисового борошна. Встановлено, що хід кривих водно-борошняних суспензій не співпадає на етапі початкового титрування в інтервалі



pH до 5 (за додавання желатину та агару). Такі дані свідчать на підтвердження можливої зміни поверхневого заряду білкових молекул.

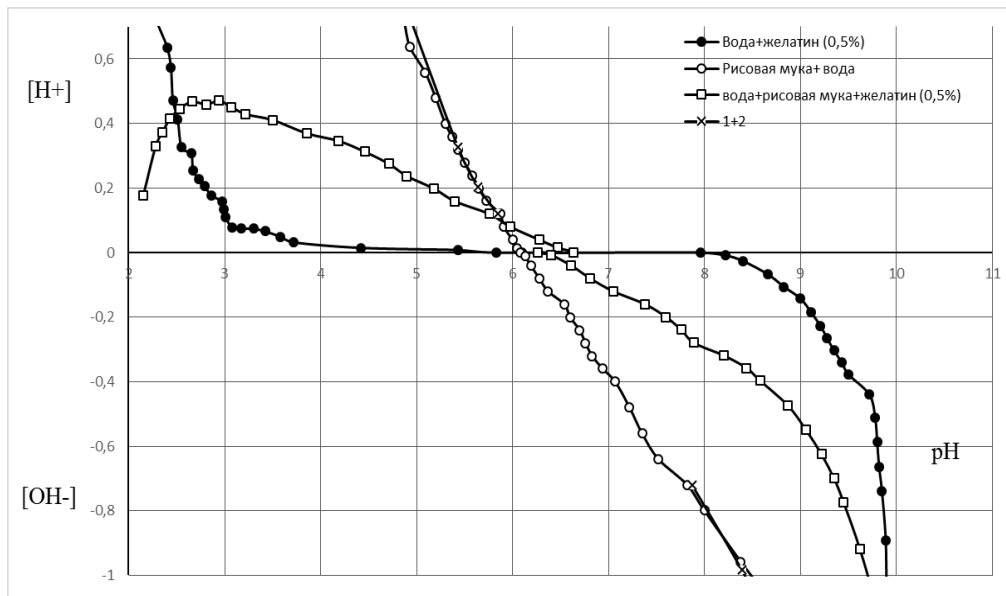


Рис. 5.3 – Кількість зв'язаних іонів  $H^+$  та  $OH^-$  за різної величини pH середовища при додаванні желатину

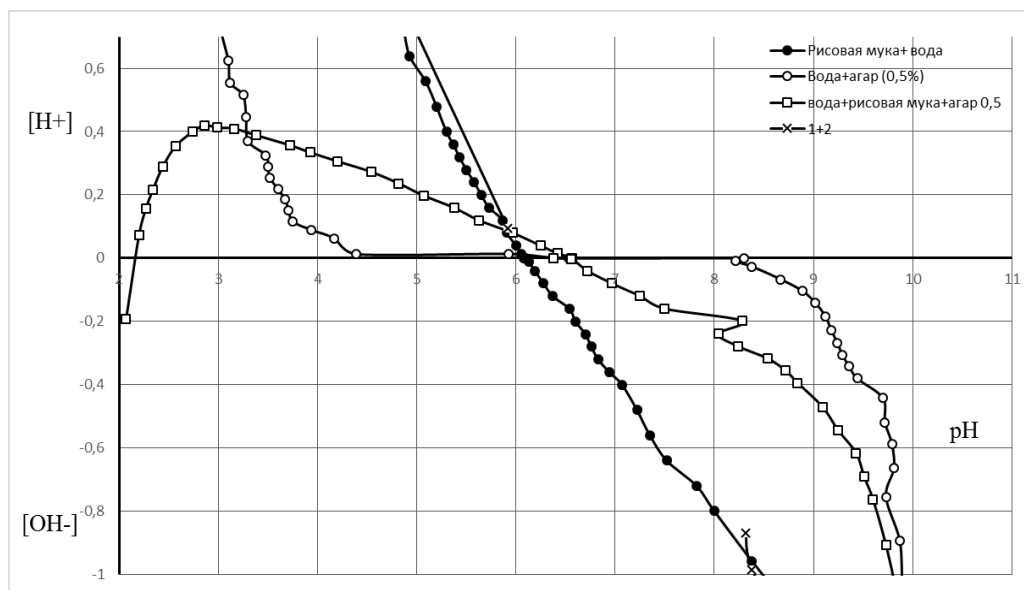


Рис. 5.4 – Кількість зв'язаних іонів  $H^+$  та  $OH^-$  за різної величини pH середовища при додаванні агару

Додавання желатину (в кількості 0,5% до борошна) змінює буферну ємність суспензій. Зниження значення pH за додавання желатину свідчить про те, що цей зразок найбільшою мірою здатен зв'язувати іони  $H^+$ , внаслідок чого зниження значення pH системи відбувається повільніше. Так, темп зниження pH за додавання 4мл кислоти від час титрування дорівнює: для рисового борошна -

0,319 од/мл (контрольний зразок), 0,108 од/мл (з додаванням желатину без борошна), 0,312 од/мл (з додаванням желатину та борошна); 0,254 (з додаванням агару без борошна), 0,306 (з додаванням агару та борошна).

На рис.5.5 представлені результати титрування водно-борошняних суспензій з сумісним використанням структуроутворювачів.

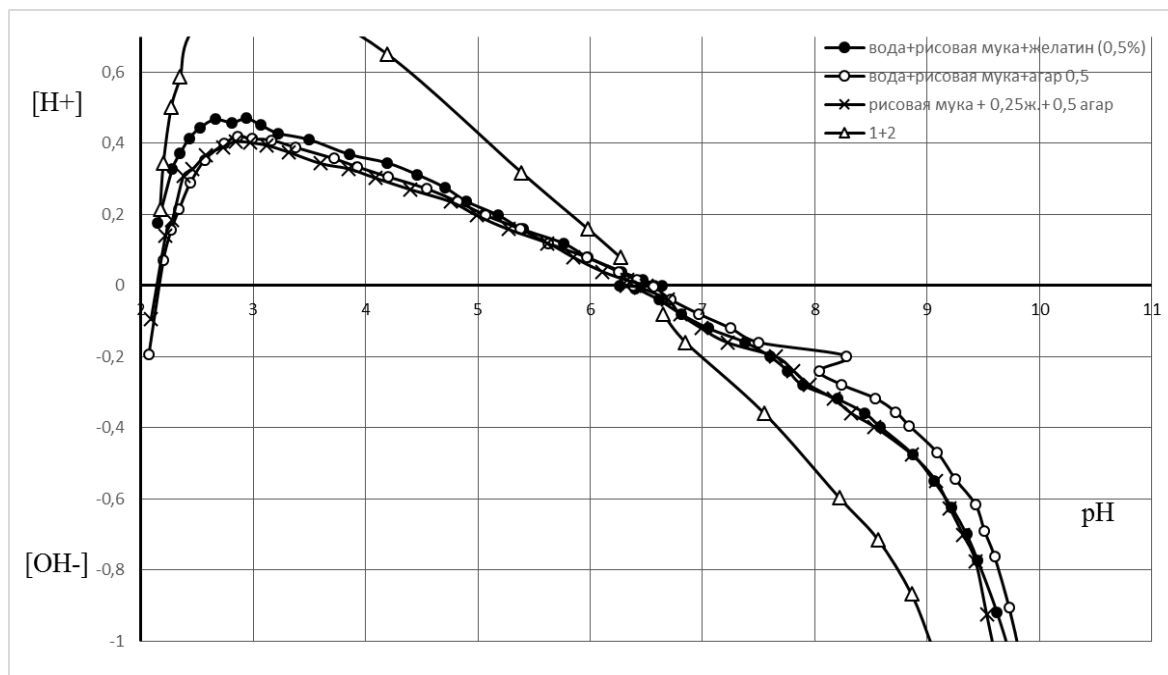


Рис. 5.5 – Кількість зв'язаних іонів  $H^+$  та  $OH^-$  за різної величини рН середовища при сумісному використанні структуроутворювачів

Аналіз кривих кількісно підтверджує неадитивність зв'язування іонів водню желатину та агару, що безумовно вказує на існування взаємодії між полісахаридами і білками у водному розчині під час процесу тістоведення.

## ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано і розроблено іноваційну технологію виробництва безглютенових макаронних виробів на основі суміші рисово-кукурудзяного борошна за додаванням добавки псиліум

2. За результатами експериментальних досліджень встановлено позитивний вплив псиліуму на якісні показники рисового та кукурудзяного борошна. Пробними лабораторними дослідженнями встановлена оптимальна концентрація псиліуму до маси борошна, яка складає 3%. Доведено позитивний вплив заварювання борошняної суміші з метою пластифікації макаронного тіста у кількості 30%, 60%, 90%. Надано рекомендацію щодо оптимальної кількості заварювання борошняної суміші яка складає 60%.

3. Досліджено вплив температури сушіння на якісні показники готових виробів.

4. Досліджено вплив псиліуму на вологоутримувальну здатність тіста з безглютенової борошняної сировини.

5. Проведено контроль безпечності із застосуванням системи НАССР, а також зроблено аналіз ризиків і контроль критичних точок.

6. Встановлено раціональний вміст структуроутворюючих добавок в технології безглютенового рисового хліба. Рекомендовано наступні концентрації добавок: концентрація желатину 0,1 % сумісно з агаром – 0,025% до маси борошна. Така суміш структуроутворювачів дозволяє отримати хліб з найвищими показниками якості

7. Виявлено, що для виробництва хліба з рисового борошна потрібно обирати вологість тіста 67% та кількість дріжджів, що входять у склад рецептури 1,5%.

8. Визначено, що рекомендована тривалість бродіння тіста з рисового з додаванням суміші желатину та агару – 35...45 хв. Досягти повної готовності хліба на основі рисового борошна можна після 35 хвилин випікання при температурі 180С.

9. Проведено комплексну оцінку якості безглютенового рисового хліба і та визначено, що  $K_0$  зразка з додаванням желатину та агару перевищує даний показник для зразка без добавки на 14%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рожно О.В., Юрчак В.Г. Створення безглютенових макаронних виробів сприятиме забезпеченню населення України дієтичною продукцією // Хлебный и кондитерский бизнес . – Журнал inventis №10 (43) декабрь 2016 . – с. 27-28.
2. <https://www.unian.ua/health/country/10879760-glyuten-shcho-ce-take-chim-shkidliviy-ta-v-yakih-produktah-mistitsya.html>
3. <https://www.ecoterra.club/superfudy/tproduct/189189797-821779292114-psilum>
4. Безглютеновые продукты: рост популярности во всем мире (2015). Хлебный и кондитерский бизнес, 7, 8–9.
5. Deora, N. S., Deswal, A., Mishra, H. N. (2014). Alternative Approaches Towards Gluten-Free Dough Development: Recent Trends. Food Engineering Reviews, 6 (3), 89–104. doi: <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9079-6>
6. Presutti RJ, Cangemi JR, Cassidy HD, Hill DA (December 2007). Celiac disease. Am Fam Physician 76 (12): 1795–802.
7. Красина, И.Б. Углеводно-амилазный комплекс вторичных продуктов переработки риса-зерна/ И.Б. Красина, Т.Н. Прудникова, А.С. Зюзько// Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – №2-3. – С. 32-33,
8. Жигунов, Д.А. Исследование технологических и биохимических показателей качества муки из различных зерновых культур/ Д.А. Жигунов// Зернові продукти і комбікорми. – 2015. – №4 (60). – С. 19-24
9. Михонік Л.А., Грищенко А.М. Використання рисового борошна в технології безглютенового хліба / Л.А. Грищенко, А.М. Михонік // Наукові праці НУХТ. –2017. – Том 23. – № 2. С. 241-247.
10. Пищевая химия / Под ред. А. П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 640с.
11. Гищенко А.М. Технологічні властивості безглютенових вилів сировини / А.М. Грищенко, В.І. // Наукові праці ОНАХТ. - 2014. - Вип. 46. - Том 1. - с. 162-166.

12. Красина, И.Б. Углеводно-амилазный комплекс вторичных продуктов переработки риса-зерна/ И.Б. Красина, Т.Н. Прудникова, А.С. Зюзько// Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – №2-3. – С. 32-33.

13. А.Шлепенко. Современный ассортимент хлебобулочных изделий для профилактического и лечебного питания.- Хлебопечение России, 2004,№2, с. 17-18.

14. Жигунов, Д.А. Исследование технологических и биохимических показателей качества муки из различных зерновых культур/ Д.А. Жигунов// Зернові продукти і комбікорми. – 2015. – №4 (60). – С. 19-24.

15. Д.В. Шнейдер. Формирование рецептуры безглютеновых смесей для выпечки / Д.В. Шнейдер // Пищевая промышленность. - №2(12). – с. 55-57.

16. В.И.Дробот. Использование нетрадиционного сырья в хлебобулочной промышленности: монография.- Киев: Урожай, 1988.- 152с.

17. Бабіч О.В. Розроблення технології «безглютенового» печива для хворих на целиацію : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів та харчових концентратів» / О.В. Бабіч. — Київ, 2006. — 20 с.

18. Бишовець Л.Г. Особливості використання безглютенової сировини у хлібопекарському виробництві / Л.Г. Бишовець // Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання. – Том 1. – с.189-191.

19. Дробот, В. И. Технологические аспекты производства безглютенового хлеба / В. И. Дробот, А. Н. Грищенко // Инновационные технологии производства продуктов питания функционального назначения : материалы Международной научно-практической конференции, 17 апреля 2015 г. – К. : Издательство государственного университета Акакия Церители, 2015 г. – С. 46–49.

20. Грищенко, А. М. Дослідження впливу рисового борошна на показники якості безглютенового хліба / А. М. Грищенко, В. І. Дробот // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного

господарств і торгівлі : всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студ., 25 квітня 2012 р. – Х.: ХДУХТ, 2012. – Ч. 1. – С. 36-37.

21. Шнейдер Д.В., Крылова Е.И. Безглютеновые смеси для выпечки из кукурузной, гречневой и рисовой муки / Д.В. Шнейдер, Е.И. Крылова // Пищевая промышленность. - №8/2012. – с. 63-65.

22. Шнейдер Д.В. Разработка технологии безглютеновых макаронных изделий / Д.В. Шнейдер // Пищевая промышленность. - №2/2012. – с. 40-41.

23. Медвідь, І. М. Дослідження впливу амілолітичних ферментів на мікробіологічні процеси в тісті та якість рисового хліба/ І. М. Медвідь, О. Б. Шидловська, В. Ф. Доценко // Наукові праці НУХТ. – 2018. – Т.24, №2. – С. 175-186.

24. Yasuko Kawamura-Konishi, Kazuo Shoda, Hironori Koga, Yuji Honda Improvement in gluten-free rice bread quality by protease treatment Journal of Cereal Science, Volume 58, Issue 1, 2013, pp. 45-50.

25. Eriko Hatta, Kenji Matsumoto, Yuji Honda Bacillolysin, papain, and subtilisin improve the quality of gluten-free rice bread Journal of Cereal Science, Volume 61, 2015, pp. 41-47.

26. Yuthana Phimolsiripol, Amornrat Mukprasirt, Regine Schoenlechner Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran Journal of Cereal Science, Volume 56, Issue 2, 2012, pp. 389-395.

27. Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums / Cato, L, Gan, J, Rafael, L, Small, D // Food Australia. – 2004. - Vol. 56. – Is. 3. – p. 75-78.

28. Mehrdad Mohammadi, Nasim Sadeghnia, Mohammad-Hossain Azizi, Tirang-Reza Neyestani, Amir Mohammad Mortazavian Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Volume 20, Issue 4, 2014, pp. 1812-1818.

29. Shabir Ahmad Mir, Manzoor Ahmad Shah, Haroon Rashid Naik, Imtiyaz Ahmad Zargar Influence of hydrocolloids on dough handling and technological

properties of gluten-free breads *Trends in Food Science & Technology*, Volume 51, 2016, pp. 49-57.

30. Aleksandra Torbica, Miroslav Hadnađev, Tamara Dapčević Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour *Food Hydrocolloids*, Volume 24, Issues 6–7, 2010, pp. 626-632.

31. Transglutaminases: family of enzymes with diverse functions / volume editors, Kapil Mehta, Richard Eckert. – 2005. - 265 p. ; cm. – (Progress in experimental tumor research ; v. 38.

32. Ando H, Adachi M, Umeda K, Matsuura A, Nonaka M, Uchio R, Tanaka H, Motoki M: Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. *Agric Biol Chem* 1989;53:2613–2617.

33. Soeda T, Sakai T, Toiguchi S: Effects of microbial transglutaminase on the texture of surimi gels prepared from various kinds of fishes. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 1996;43: 787–795.

34. Stefano Renzetti, Fabio Dal Bello Elke K. Arendt. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase / *Journal of Cereal Science*. 48 (2008). p.33–45.

35. Лобачева Н. Л., Шаніна О. М. Технологічні аспекти формування структури виробів з безглютенової борошняної сировини //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2013. – №. 140.

36. Shin M., Gang D. O., Song J. Y. Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread // *Food Science and Biotechnology*. – 2010. – Т. 19. – №. 4. – С. 951-956.

37. Pongjaruvat W. et al. Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads // *Food Hydrocolloids*. – 2014. – Т. 36. – С. 143-150.



38. Virginia Larrosa, Gabriel Lorenzo, Noemi Zaritzky, Alicia Califano Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta LWT - Food Science and Technology, Volume 70, 2016, pp. 96-103.
39. Farah Naqash, Asir Gani, Adil Gani, F.A. Masoodi Gluten-free baking: Combating the challenges - A review Trends in Food Science & Technology, Volume 66, 2017, pp. 98-107.
40. Suphat Phongthai, Stefano D'Amico, Regine Schoenlechner, Wantida Homthawornchoo, Saroat Rawdkuen Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta LWT, Volume 80, 2017, pp. 378-385.
41. Deora Na. S. Functionality of alternative protein in gluten-free product development / Na. S. Deora, A. Deswal, H. N. Mishra // Food Science and Technology International. – 2014. – 21(5). – P. 786-800.
42. Гавриш Т. В. и др. Технологічний потенціал концентратів тваринних білків в технології безглютенової хлібопекарської продукції //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2016. – №. 179. – С. 83-90.
43. Sozer N. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums //Food Hydrocolloids. – 2009. – Т. 23. – №. 3. – С. 849-855.
44. Шаніна О. М. и др. Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютенового бездріжджового хліба. – 2015.
45. Лобачова Н. Л. Технологія безглютенових хлібобулочних виробів з використанням колагенвмісних білків та трансглютамінази. – 2015.
46. Дугіна К.В. Удосконалення технології крупів підвищеної харчової цінності: дис. канд. техн. наук: 05.18.02 / Дугіна Катерина Валентинівна; НУХТ. К., 2014. – 269 с.
47. Shevkani K. et al. Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins //LWT-Food Science and Technology. – 2015. – Т. 63. – №. 2. – С. 927-933.

48. Виробництво рису в Україні не задовольняє попит внутрішнього ринку [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < <https://agronews.ua/node/86521>>

49. Ринок кукурудзи: основні тренди [Електронний ресурс]. – Режим доступа : < <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/11796-rynok-kukurudzy-osnovni-trendy.html>>

50. Грищенко, А. Н. Исследование влияния кукурузной муки на показатели качества безглютенового хлеба / А. Н. Грищенко, Ю. В. Бондаренко, В. С. Наконечная // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений : материалы IV Международной научно-технической конференции, 5-6 ноября 2014 г., г. Воронеж – В. : ВГУИТ, 2014. – С. 406-408.

51. Дробот, В. И. Продукты функционального назначения / В. И. Дробот, Л. А. Михоник, А. Д. Грищенко // Мир продуктов. – 2009. – № 9. – С. 6–8.

52. Писарець, О. П. Удосконалення технології хлібобулочних виробів з використанням кукурудзяного борошна : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Писарець Ольга Петрівна ; НУХТ. - К., 2015. - 23 с.

53. Sholberg T.J., Bean S.R., Boyle D.L. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. - 2007. - P.5137-5146.

54. Літовська Т.О. Вивчення можливості використання борошна кукурудзяного екструдованого в технології біскватного напівфабрикату / Т.О Літовська, О.С. Покотило, Н.В. Чорна // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. - Том 16. - №2 (59). Частна 3. - 2014. - С. 133-139.

55. Грищенко, А. М. Безглютеновий хліб з кукурудзяним борошном поліпшеної якості / А. М. Грищенко, Н. О. Ситниченко // *Inżynieria i technologia. Nauka wczoraj, dziś, jutro. : Zbiyr raportyw naukowych 30.01.2016–31.01.2016.* – Warszawa: Sp. z o.o. "Diamond trading tour", 2016. – С. 25–28.

56. Исследование свойств сырья для разработки безглютеновых макаронных изделий / А. В. Рожно, К. В. Дзензелевская, О. В. Купчина, В. Г.

Юрчак // Техника и технология пищевых производств : тез. докл. X Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 23–24 апреля 2015 года. – Могилев: МГУП, 2015. – С. 113.

57. Ziobro R. et al. Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread // *Journal of food science and technology*. – 2016. – Т. 53. – №. 1. – С. 571-580.

58. Ziobro R. et al. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic // *Food Hydrocolloids*. – 2013. – Т. 32. – №. 2. – С. 213-220.

59. Kieliszek M., Misiewicz A. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review // *Folia microbiologica*. – 2014. – Т. 59. – №. 3. – С. 241-250.

60. Lu Y. et al. Effects of enzymatic treatment of corn gluten meal on lutein and zeaxanthin extraction // *International journal of food properties*. – 2005. – Т. 8. – №. 1. – С. 161-169.

61. Вишняк, М.Н. Мучные кондитерские изделия для безглютенового питания / М.Н. Вишняк // *Ползуновский альманах*. – 2009. – № 2. – С. 95-96.

62. Шаніна О.М. Обґрунтування складу борошняної сировини в технології безглютено- вого бездріжджового хліба / О.М. Шаніна, І.В. Галясний, Н.Л. Лобачова // *East European Scientific Journal*. — No 4, 2015. — С. 56—60 [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [http://eesa-journal.com/wp-content/uploads/2017/01/EESJ\\_4\\_21.pdf](http://eesa-journal.com/wp-content/uploads/2017/01/EESJ_4_21.pdf).

63. Барсукова, Н. В. Новые технологические подходы к созданию специализированных продуктов питания для безглютеновой диеты [Текст] / Н. В. Барсукова, В. Н. Красильников // *Материалы V Российского Форума «Здоровое питание с рождения: медицина, образование, пищевые технологии. Санкт-Петербург-2010»*, 12-13 ноября 2010 г. – СПб., 2010. – С. 7-8.

64. Drobot V., Mykhonik L., Gryschenko A. The influence of structure forming food additives on the quality of gluten-free bread made from the mixture of rice and

corn flour //Scientific Works of National University of Food Technologies. – 2017. – Т. 23. – №. 6. – С. 169-175.

65. 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. — P. 1380—1389.

66. Грубник І. М., Гладух С. В. Порівняльна характеристика гідроколоїдів //Проблеми військової охорони здоров'я. – 2011. – №. 30. – С. 280-283.

67. Дорохович, А. М. Використання гідроколоїдів у кондитерському виробництві / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Кохан (Гавва), С. Г. Кияниця // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.— 2005. — № 2. — С. 9-11.

68. Нечаев В.Н., Кочетков А.А., Зайцев А.Н., Пищевые добавки. - М.: Колос. «Колос-Пресс». 2002. - 256 с.

69. Базарнова Ю.Г., Шкотова Т.В., Зюканов Т.М., Гидроколлоидные смеси с заданными свойствами // Кондитерское производство. - 2003. - №3. - С. 38-40

70. Кочеткова Л.А. Пищевые гидроколлоиды: теоретические заметки // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. - 2000. - №1. - С. 10-11.

71. Thickening and Gelling Agents for Foods. Glasgow UK: Blackie Academic and Professional, 1992; 25-39. 125 Stanley NF. In: Harris P, ed. Food Gels.

72. Нові види гідроколоїдів і можливість їх використання при виробництві кондитерської продукції / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Гавва, С. Г. Кияниця // Вісник Донецького державного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Дон.: ДонДУЕТ, 2004. — № 1. — С. 36-46.

73. Кучерук Е.С. Влияние ксантановой камеди на свойства «муки безбелковой» / З.И. Кучерук, Е С. Цуканова // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. — 2014. — No 2(5). — С. 51—53.

74. Semenova A. Gluten-free bakery products / A. Semenova, Ju. Prikhodko // 8th Central European Congress on Food 2016 — Food Science for Well-being (CEFood 2016), 23—26 May 2016 p. : Book of Abstracts. — Kyiv : NUFT, 2016. — P. 146.

75. Lazaridou A. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations / A. Lazaridou, D. Duta, M. Papageorgiou, N. Belc, C.G. Biliaderis // Journal of Food Engineering. — 2007. — Vol. 79(3). — P. 1033—1047.

76. 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. — P. 1380—1389.

77. Перспективи розширення асортименту хлібобулочних виробів для хворих на целиацію / І. М. Медвідь, О. Б. Шидловська, В. Ф. Доценко, Ю. О. Федоренко // Хранение и переработка зерна. — 2017. — №3(211). — С. 43-48.

78. Грищенко, А. Н. Исследование влияния меланжа и сливочного масла на показатели качества безглютенового хлеба / А. Н. Грищенко, А. В. Коломиец // Пищевые инновации и биотехнологии : материалы Международной научной конференции, 28 апреля 2015 г. . — К. : ФПБОУ ВПО КТИПП, 2015 г. — С. — 296-297.

79. Дробот, В. І. Дослідження впливу молочно-білкового концентрату казеїну в технології діабетичних виробів / В. І. Дробот, А. О. Шевченко, О. С. Марченко // Технології харчових продуктів і комбікормів : зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф., Одеса, 25–30 верес. 2017 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій ; під ред. Б. В. Єгорова. — Одеса, 2017. — С. 30–31.

80. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521011000415#!>

81. Прянишников, В. В. Весь спектр животных белков — для инновационных мясных технологий [Текст] / В. В. Прянишников // Пищевая индустрия. — 2011. — Т. 2, No 7. — С. 44–46.

82. Kramlich, C. Sausage products [Text] / C. Kramlich // The Science of meat and meat products. — 1986. — Vol. 19. — P. 326–359.

83. Thedens, P. Emylgatoren und emulgierende Kutterhcefsmittel fur die Herstellung von Bruhwurst [Text] / P. Thedens // Die Fleisherei. – 1984. – Vol. 35, Issue 2. – P. 118–119.

84. Jerold, A. L. Collagen Biosynthesis [Text] / A. L. Jerold, R. M. Karen // Environmental Health Perspectives. – 1984. – Vol. 55. – P. 169–177. doi: 10.2307/3429701

85. Животные и соевые белки на рынке мясопереработки [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.meatbusiness.ua/article.php?p=426&j=2>>

86 Теймурова, А. Т. Технологія желейних виробів зі зменшеними витратами драглеутворювачів полісахаридної природи : дис. канд. техн. наук : 0518.01. / Теймурова Анжеліка Тагірівна ; ХДУХТ. – Х., 2011. – 143 с.

87. Лобачова, Н.Л. Технологія безглютенових хлібобулочних виробів з використанням колагенвмісних білків та трансглютамінази: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.18.01 – технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів / Н.Л. Лобачова; Харківський держ. ун-т харч. та торгівлі. – Харків, 2015. – 22с.

88. Галясний І. В. Дослідження іонозв'язувальної здатності білків безглютенової борошняної сировини в присутності тваринних білків / І. В. Галясний, Т. В. Гавриш, О. М. Шаніна // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях = Bulletin of the National Technical University "KhPI" : coll. works. Ser. : New solutions in modern technologies. – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – № 9 (1285). – С. 179-184.

89. Meat processing: Improving quality [Text] / J. Kerry, J. Kerry, D. Ledard (Eds). – Boca Raton: CRC Press. Taylor&Francis Group, 2002. – 440 p. doi: 10.1533/9781855736665

90. Сафонова О. М., Теймурова А. Т., Домахіна М. О. Дослідження впливу білків з колагеновмісної сировини на структурно-механічні властивості хлібобулочної та кондитерської продукції //Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. – 2011. – №. 40 (1). – С. 123-127.

91. Пушмина И. Н. Формирование качества и потребительских свойств функциональных хлебобулочных изделий с использованием растительных добавок //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – №. 11.

92. Процессы происходящие при замесе теста [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.hleboprechka.net/h70.php>>

93. Сафонова, О. М. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини : дис. докт. техн. наук : 05.18.01 / Сафонова Ольга Миколаївна ; НУХТ. – К., 2007. – 335 с.

94. Холодова, О. А. Удосконалення технології озонування пшеничного борошна для виробництва хлібобулочних виробів : дис. канд.. техн. наук : 05.18.01 / Холодова Олена Анатоліївна ; НУХТ. – К., 2011. – 184 с.

95. Sandeep Singh Relationship between polymeric proteins and empirical dough rheology with dynamic rheology of dough and gluten from different wheat varieties / Food hydrocolloids. – Vol.33. – is.2. – December 2013, – P. 342-348.

96. Suyong Lee Impulse viscoelastic characterization of wheat flour dough during fermentation / Journal of Food Engineering. – Vol.118. – Is.2. – October 2013. – P. 266-270

97. Иванова, Т. Н. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Т. Н. Иванова. – М.: Изд. Центр "Академия". 2004. – 288 с.

98. Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів: Навчальний посібник / Заг.ред. Г. М. Лисюк. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2009. – 464 с.

99. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства / Г. М. Медведев – М.: Колос, 2000 – 272 с: ил.

100. Daisuke Matsuoka, Masayoshi Nakasako Application of empirical hydration distribution functions around polar atoms for assessing hydration structures of proteins / Chemical physics. – Vol.419. – June 2013. – P. 59-64.

101. Agata Rascio, Giuseppe Nicastro, Eleonora Carlino, Natale Di Fonzo Differences for bound water content as estimated by pressure–volume and adsorption isotherm curves / *Plant Science*. – Vol. 169. – Is. 2. – August 2005. – P. 395-401.

102. Dimitrios Fessas, Alberto Schiraldi Water properties in wheat flour dough I: classical thermogravimetry approach / *Food Chemistry*. – Vol. 72. – Is. 2. – February 2001. – P. 237-244.

103. Jay-lin Jane Structural Features of Starch Granules (Third Edition). – 2009. – P. 193-236.

104. K. Poutanen, N. Sozer, G. Della Valle How can technology help to deliver more of grain in cereal foods for a healthy diet? / *Journal of Cereal Science*. – Vol. 59. – Is. 3. – May 2014. – P. 327-336.

105. Паливода, С. Д. Удосконалення технології макаронних та хлібних виробів використанням харчових добавок структуроутворювальної дії : дис. канд. техн. наук : 05.18.01 / Паливода Світлана Дмитріївна ; НУХТ. — К., 2010. — 266 с.

106. Mingwei Wang, Gideon Oudgenoeg, Ton van Vliet, Robert J Hamer Interaction of water unextractable solids with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality / *Journal of Cereal Science*. – Vol. 38. – Is. 1. – July 2003. – P. 95-104.

107. Конева С. И., Могучева Э. П. Исследование влияния пшеничных отрубей на качество хлеба повышенной пищевой ценности // *Ползуновский вестник*. – 2011. – №. 3/2. – С. 141-144.

108. Иванова, М. Б. Гранулометрический состав дезинтегрированной муки / М. Б. Иванова, Е. А. Легостаева, С. С. Кузьмина // *Ползуновский альманах*. – 2011. – № 4/2, – С. 194-195.

109. Корячкина, С. Я. Влияние гранулометрического состава зерновой массы на качество макаронных изделий / С.Я. Корячкина, Г.А. Осипова // *Изв.вузов. Пищевая технология*. – 2007. – №1. – С. 30-32.



110. Урлапова, И. Б. Влияние гранулометрического состава на качество пшеничной хлебопекарной муки : дис. канд.техн. наук : 05.18.01 / Урлапова Ирина Борисовна. ; МГУПП. – М., 2004. – 235 с.

111. Исследование тепло-масообменных процессов в камере гигротермической обработки тестовых заготовок / А. Германчук, В. Теличкун, Ю. Теличкун, Н. Десик // Ангел Кънчев : научни трудове на русенски университет. – Разград, 2012. – Т. 51. – С. 44-49.

112. Козловская А. Э., Лабутина Н. В., Суворов О. А. Влияние хлебопекарных свойств ржаной обдирной муки на теплофизические характеристики ржано-пшеничных полуфабрикатов при замораживании и дефростации //Пищевая промышленность. – 2017. – №. 4.

113. Нищева О. С., Маклюков В. И., Рогозкин Е. Н. Исследование коллоидных процессов при выпечке пшеничного хлеба с добавлением жировых продуктов //Хлебопродукты. – 2014. – №. 2. – С. 58-59.

114. Малахов Н. Н. и др. Математическая модель сушки дисперсных продуктов в активном гидродинамическом слое //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – №. 2-3.

115. Пастухов А. С. Структура способа стабилизации температуры хлебобулочных изделий в процессе охлаждения //Новые технологии. – 2015. – №. 4.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**А К Т**  
**ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ У ВИРОБНИЦТВО**

Замовник Фізична особа-підприємець Євсєєва Наталія Юріївна  
(найменування організації)

Євсєєва Наталія Юріївна

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати роботи, яку виконано на тему "Наукове обґрунтування технології безглютенowego дріжджового хліба" Державний реєстраційний №0122U001905

(найменування теми, № держ. реєстрації)

кафедрі технології хлібопродуктів і кондитерських виробів

вартістю 4000,00 (чотири тисячі грн 00коп)

(цифрами та прописом)

яка виконувалася з 09.12.2021р. по 30.09.2022р.

впроваджені ФОП Євсєєва Наталія Юріївна

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів виробництво безглютенowego бездріжджового хліба

(експлуатація виробу, роботи, технології;

виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

2. Характеристика масштабу впровадження промислова партія

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження:

Методика (метод) \_\_\_\_\_

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нове

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка акт №1 від 15.12.2021

(вказати номер і дату актів випробувань,

ФОП Євсєєва Наталія Юріївна

найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

- в промислове виробництво виробництво хлібобулочних виробів

(участок, цех/и, процес)

- в проектні роботи \_\_\_\_\_

(вказати об'єкт, підприємство)

7. Річний економічний ефект (розрахунок додається) \_\_\_\_\_

очікуваний \_\_\_\_\_ тис. грн. \_\_\_\_\_  
(від впровадження в проект)

фактичний \_\_\_\_\_ тис. грн. \_\_\_\_\_  
у тому числі часткова (дольова) участь ЗВО

\_\_\_\_\_ тис. грн. \_\_\_\_\_  
(%, цифрами і прописом)

8. Питома економічна ефективність впровадження результатів \_\_\_\_\_ грн/грн. \_\_\_\_\_

9. Обсяг впровадження \_\_\_\_\_  
що становить \_\_\_\_\_ від обсягу впровадження,  
що покладено в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, який розраховано по  
закінченні НДР: Егар.= \_\_\_\_\_ тис. грн., а під час поетапного впровадження: Егар. \_\_\_\_\_ під  
час укладення договору.

10. Соціальний і науково-технічний ефект \_\_\_\_\_ отримання нових наукових даних  
\_\_\_\_\_  
(охорона навколишнього середовища, надр, оздоровлення та  
покращення умов праці, удосконалення структури управління,  
науково-технічних напрямків, спеціальні призначення і т.п.)

**Примітка.** Цей акт впровадження завіряється гербовою печаттю з боку Замовника і з боку Виконавця.

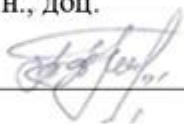
**Додаток: 1.** Розрахунок фактичного (очікуваного від впровадження а проект річного економічного ефекту, підписаний начальником планового відділу (начальником техніко-економічного відділу для НДІ), технічного відділу, гл. бухгалтером ( для розрахунків фактичного ефекту) і завірений гербовою печаттю.

**2.** Довідка про соціальний ефект, підписана начальником технічного відділу, начальником планового відділу, завірена гербовою печаттю.

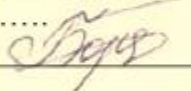
Керівник НДР:

.....  
 \_\_\_\_\_ Ольга ШАНІНА

Завідувач кафедрою технології  
хлібопродуктів і кондитерських виробів,  
к.т.н., доц.

.....  
 \_\_\_\_\_ Тетяна ГАВРИШ

Відповідальний за впровадження:


.....  
 \_\_\_\_\_ Наталія БОРОВІКОВА



УЗГОДЖЕНО  
Проректор з науково-педагогічної роботи  
Державного біотехнологічного університету

  
«30» вересня 2022 р. Максим СЕРІК

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. ректора  
Державного біотехнологічного університету

  
«30» вересня 2022 р. Андрій КУДРЯШОВ

УЗГОДЖЕНО  
Проректор з наукової роботи  
Державного біотехнологічного університету

  
«30» вересня 2022 р. Валерій МИХАЙЛОВ



## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт в освітній процес закладів вищої освіти

Замовник Державний біотехнологічний університет  
найменування організації  
В.о. ректора ДБТУ к.т.н. Кудряшов А.І.

Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи:  
Наукове обґрунтування технології безглютенного дріжджового хліба  
(назва роботи)

виконаної на кафедрі: технології хлібопродуктів і кондитерських виробів  
впроваджено в освітній процес кафедр: технології хлібопродуктів і кондитерських виробів

(найменування структурного підрозділу, де здійснювалося впровадження)

1. Вид впроваджених результатів: технологія безглютенного дріжджового хліба з поліпшувачами білкової і полісахаридної природи

2. Форма впровадження: методичні вказівки для виконання лабораторних робіт, окремі лекції з дисциплін, виконання каліфікаційної роботи магістра

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нове  
(піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модернізація старих розробок)

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких впроваджено результати НДР:

- по кафедрі технології хлібопродуктів і кондитерських виробів, за дисциплінами  
«Інноваційні технології переробки зерна» (1 курс магістри), «Продукція функціонального призначення в галузі» (1 курс магістри) (спеціальність 181 – Харчові технології).

5. Соціальний і науково-економічний ефект: отримання нових наукових даних

Керівник НДР:  
д-р техн. наук, професор  
кафедри технології хлібопродуктів  
і кондитерських виробів

Завідувач кафедрою технології хлібопродуктів  
і кондитерських виробів  
.....

  
«30» вересня 2022р. Ольга ШАНИНА

  
«30» вересня 2022р. Тетяна ГАВРИШ



**Виконавець:**

Харківський національний технічний  
університет сільського господарства  
імені Петра Василенка  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44  
Код ЄДРПОУ 00493741  
МФО 820172 ДКСУ у м. Києві  
р/р UA 228201720313251004201003687  
ПН № 004937420315  
Св.пл.ПДВ № 28766748

**Замовник:**

64102, Харківська обл.,  
м. Первомайський, вул. Світанкова 3, кв. 69/70  
код ЄДРПОУ 31235917  
UA 93 3515330000026000052234304  
в ПАБ КБ «Приватбанк» у м. Первомайський  
МФО 351533  
Св.пл.єдиного внеску № 39900355

**АКТ****передачі-приймання науково-технічної продукції**

по договору № 1/3–2021 від «28» травня 2021 р.

складено «30» червня 2021 р.

**«Розробка удосконалення технології безглютенових макаронних виробів за  
додаванням псиліуму»**

Ми, що нижче підписалися, представник виконавця в особі ректора ХНТУСГ Нанки  
Олександра Володимировича, з однієї сторони, і представник замовника в особі ФОП  
Додяка Василя Михайловича з другої сторони, склали дійсний акт про те, що науково-  
технічна продукція виконана в повному обсязі і задовольняє умовам договору.

Короткий опис науково-технічної продукції «Розробка удосконалення технології  
безглютенових макаронних виробів за додаванням псиліуму»

Договірна ціна по договору складає 5000,00 грн (П'ять тисяч грн. 00 коп., в т.ч. ПДВ  
(прописом)

20% – 833 грн. 33 коп.)

Отримано передплату 5000,00 грн (П'ять тисяч грн. 00 коп., в т.ч. ПДВ 20% – 833 грн. 33  
коп.)

Потребує до перерахування: \_\_\_\_\_  
(прописом)

**Роботу здав:**

Від виконавця  
Ректор ХНТУСГ  
О.В. Нанка  
М.П. (підпис)


**Роботу прийняв:**

Від замовника  
ФОП  
В.М. Додяк  
ДОДЯКІ (підпис)  
ВАСИЛЬ  
МИХАЙЛОВИЧ  
МФО 31235917





**ДОГОВІР №1/3-2021**  
на створення (передачу) науково-технічної продукції

м. Харків

«28» травня 2021р.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка – є бюджетною неприбутковою організацією, діє на підставі Статуту, в особі ректора Нанки Олександра Володимировича, далі – **ВИКОНАВЕЦЬ** з одного боку, та **ЗАМОВНИК** – **ФОП Додяк Василь Михайлович**, який діє на підставі Статуту, з іншого боку, уклали даний Договір про наступне:

**1. ПРЕДМЕТ ДОГОВОРУ**

1.1. «Замовник» доручає, а «Виконавець» приймає на себе виконання роботи за темою: «Розробка удосконалення технології безглютенових макаронних виробів за додаванням псиліуму»

1.2. Наукові, технічні, економічні та інші вимоги до науково-технічної продукції, що є предметом договору, зобов'язані відповідати технічним завданням.

1.3. Договір набуває чинності з моменту його підписання. Термін здачі робіт за договором «30» червня 2021 р.

1.4. Зміст і терміни виконання основних етапів визначаються календарним планом, що є невід'ємною частиною цього договору.

1.5. Використання розробленого керівництва здійснюється Замовником за власними планами.

**2. ВАРТІСТЬ РОБІТ І ПОРЯДОК РОЗРАХУНКІВ**

2.1. За виконану науково-технічну продукцію «Розробка удосконалення технології безглютенових макаронних виробів за додаванням псиліуму» відповідно до протоколу (додаток 2) про договірну ціну загальна вартість договору складає 5000,00 грн (П'ять тисяч грн. 00 коп.), в тому числі 20 % ПДВ – 833 грн. 33 коп.

2.2. Оплата проводиться попереднім авансовим платежем у розмірі 100 % від вартості НТП.

**3. ПОРЯДОК ЗДАЧІ І ПРИЙМАННЯ РОБІТ**

3.1. Перелік науково-технічної продукції, що підлягає оформленню і здачі **Виконавцем Замовнику** на етапі здачі по закінченню договору, визначений календарним планом від «28» травня №1/3-2021, що є частиною договору (додаток 1).

3.2. Передача оформленої у встановленому порядку документації за договором здійснюється супровідними документами **Виконавця**.

3.3. Замовник протягом 5-ти днів з дня отримання акту-здачі приймання робіт і звітних документів, зобов'язаний направити Виконавцю підписаний



акт здачі-приймання науково-технічної продукції або мотивовану відмову від приймання робіт.

3.4. У разі вмотивованої відмови Замовника сторонами складається двосторонній акт з переліком необхідних доробок, термінів їх виконання.

3.5. Якщо в процесі виконання роботи з'ясується неминучість отримання негативного результату або недоцільність подальшого проведення роботи, Виконавець зобов'язаний призупинити її, поставивши до відома про це Замовника в 5-ти денний термін після припинення роботи. У цьому випадку сторони зобов'язані в 5-ти денний термін розглянути питання про доцільність і напрями проведення робіт.

3.6. У разі дострокового виконання робіт Замовник має право достроково прийняти та оплатити виконану роботу згідно з цим договором.

3.7. Прийом-передача продукції (НПП) його кількість і якість, здійснюється згідно з технічним завданням.

3.8. Доставка НТП здійснюється Замовником.

#### **4. ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ СТОРІН**

4.1. За невиконання або неналежне виконання зобов'язань за цим договором Виконавець та Замовник несуть майнову відповідальність відповідно до чинного законодавства.

4.2. За невиконання термінів здачі робіт (п.1.3) Виконавець сплачує пеню в розмірі подвійної облікової ставки НБУ за кожен день прострочення від суми невиконаних зобов'язань.

#### **5. ІНШІ УМОВИ**

5.1. Сторони домовилися, що в разі виникнення форс-мажорних обставин (дій непереборної сили, які не залежать від усіх сторін), сторони звільняються від виконання своїх зобов'язань на час дії зазначених обставин. Достатнім підтвердженням дії форс-мажорних обставин є документ, виданий Торгово-промисловою палатою України, або іншим компетентним органом.

5.2. Сторони зобов'язуються всі суперечки і розбіжності, які виникають при виконанні умов цього договору, вирішувати шляхом домовленості, з урахуванням взаємних інтересів і можливих обставин кожної зі сторін. При неможливості домовитися вирішуються в господарському суді за місцем знаходження відповідача.

#### **6. ЗМІНА УМОВ ДОГОВОРУ**

6.1. Умови цього договору можуть бути змінені за взаємною згодою сторін обов'язковим письмовим погодженням.

6.2. Кожна сторона не має права передати свої права і обов'язки за цим договором третій стороні без письмової згоди другої сторони.

#### **7. ТЕРМІН ДІЇ ДОГОВОРУ І ЮРИДИЧНІ АДРЕСИ СТОРІН**



7.1. Термін дії договору: початок «28» травня 2021 р., закінчення «30» червня 2021 р.

7.2. Адреси та розрахункові рахунки сторін:

**Замовника:** ФОП Додяка Василя Михайловича

64102, Харківська обл., Первомайський р-н, вул. Світанкова 3, кв. 69/70  
код ЄДРПОУ 2010300890

UA 93 3515330000026000052234304 в ПАБ КБ «Приватбанк» у м. Первомайський, МФО 351533, діє на підставі Статуту, Свідоцтво платника єдиного внеску № 39900355

**Виконавця:** – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

61002, Україна, м.Харків, вул. Алчевських, 44, код 00493741; Платіжні реквізити:, банк одержувача – ДКСУ м. Києва, МФО 820172, свідоцтво платника ПДВ № 28766748, ПІН 004937420315, тел.: (057) 700-38-88, UA228201720313251004201003687

До цього договору додається:

1. Календарний план робіт
2. Протокол угоди про договірну ціну
3. Калькуляція кошторисної вартості
4. Технічне завдання



В.М. Додяк

Ректор ХНТУСГ



О.В. Нанка

Керівник теми, канд. техн. наук  
Доц. кафедри ТПХВ

Т.В. Гавриш

Відповідальний виконавець,  
асистент кафедри ТПХВ

Я. В. Даньшин



УКРАЇНА



# ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 122614

**СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України винаходів **10.12.2020.**

Т.в.о. Генерального директора  
Державного підприємства  
«Український інститут  
інтелектуальної власності»

П.І. Іваненко



REDMI NOTE 6 PRO  
MI DUAL CAMERA

(19) UA

(11) 122614

(51) МПК  
A21D 13/066 (2017.01)

- |  |                          |                   |   |
|--|--------------------------|-------------------|---|
| (21) Номер заявки:   | а 2019 00084             | (72) Винахідники: | Шаніна Ольга Миколаївна,<br>UA,<br>Боровікова Наталія<br>Олексіївна, UA,<br>Гавриш Тетяна<br>Володимирівна, UA,<br>Хромих Дарія Романівна, UA |
| (22) Дата подання заявки:  | 02.01.2019               | (73) Володілець:  | Шаніна Ольга Миколаївна,<br>вул. Люсинська, 22, м. Харків,<br>61068, UA   |
| (24) Дата, з якої є чинними<br>права інтелектуальної<br>власності:               | 11.12.2020               |                   |   |
| (41) Дата публікації відомостей<br>про заявку та номер<br>Бюлетеня:              | 10.07.2020,<br>Бюл. № 13 |                   |   |
| (46) Дата публікації відомостей<br>про державну реєстрацію<br>та номер Бюлетеня: | 10.12.2020,<br>Бюл. № 23 |                   |   |

(54) Назва винаходу:

**СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛІБА**

(57) Формула винаходу:

Спосіб виробництва безглютенового хліба, який включає підготовку сипкої сировини, суспендування дріжджів, розчинення добавок структуроутворювачів, замішування та бродіння тіста, формування виробів, вистоювання, випікання та охолодження, який **відрізняється** тим, що як структуроутворювачі використовують желатин та агар харчові у співвідношенні (0,10-0,25 %):(0,025-0,050 %) до маси борошна.

REDMI NOTE 6 PRO  
MI DUAL CAMERA

