

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра харчових технологій

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до кваліфікаційної роботи  
ступеня вищої освіти «Магістр»  
на тему:

**Використання хітозану в технології виробництва  
хлібобулочних виробів**

**Виконала:** здобувачка вищої освіти 2 курсу,  
групи МГХТз-1-23  
освітньо-професійної програми Харчові технології  
зі спеціальності 181 Харчові технології

\_\_\_\_\_ Альона ЛОГВИНЕНКО

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Олег ТЕРТИШНИЙ

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра харчових технологій

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Освітньо-професійна програма: «Харчові технології»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

харчових технологій,

кандидат технічних наук, доцент

Віталій КОШУЛЬКО

(підпис)

«11» листопада 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Логвиненко Альоні Сергіївні

1. Тема роботи: «Використання хітозану в технології виробництва хлібобулочних виробів».

Керівник роботи: Тертишний Олег Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2024 року № 3768.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 16 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технологія виробництва хлібобулочних виробів 2. Наукова, нормативна, технологічна, технічна та патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналітичний огляд літературних джерел. 2 Матеріали і методи досліджень. 3 Експериментальна частина. 4 Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Бібліографія.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Постановка проблеми дослідження. 2 Мета роботи і завдання досліджень.
- 3 Характеристика об'єктів дослідження. 4 Обговорення результатів досліджень.
- 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. 6 Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, прізвище та ім'я консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	Доцент ТЕРТИШНИЙ Олег	11.11.2024	16.12.2024
4	Доцент ТЕРТИШНИЙ Олег	11.11.2024	16.12.2024
5	Доцент ТЕРТИШНИЙ Олег	11.11.2024	16.12.2024

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2024 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	11.11-12.11.24	виконано
2	Аналітичний огляд літературних джерел	13.11-18.11.24	виконано
3	Матеріали і методи досліджень	19.11-20.11.24	виконано
4	Експериментальна частина	21.11-06.12.24	виконано
5	Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях	07.12-08.12.24	виконано
6	Організаційно-економічна частина	09.12-11.12.24	виконано
7	Загальні висновки та бібліографія	12.12-13.12.24	виконано
8	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	14.12-15.12.24	виконано

Здобувачка вищої освіти \_\_\_\_\_ Альяна ЛОГВИНЕНКО  
( підпис )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Олег ТЕРТИШНИЙ  
( підпис )

## РЕФЕРАТ

Тема: «Використання хітозану в технології виробництва хлібобулочних виробів»

**Кваліфікаційна робота магістра:** 73 с., 11 рис., 11 табл., 74 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження:** технологія хлібобулочних виробів.

**Метою роботи** є удосконалення технологій хлібобулочних виробів шляхом використання добавок на основі хітозану, що дозволить розширити асортимент продуктів профілактичного призначення, сприяючи покращенню здоров'я населення.

**Методи дослідження:**

Для визначення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна вищого ґатунку проводили пробну випічку з приготуванням тіста безопарним способом за Міждержавним стандартом 27669-88.

Аналіз борошна пшеничного проводили відповідно до Міждержавного стандарту 26574, визначення кольору, запаху борошна здійснювали за Міждержавним стандартом 27558, вологість борошна – за Міждержавним стандартом 9404, кислотність борошна – за Міждержавним стандартом 27493-87, кількість і якість сирої клейковини – ДСТУ ISO 21415-1:2009, зараженість та забрудненість борошна шкідниками – за Міждержавним стандартом 27559.

В роботі проведено дослідження впливу добавки хітозану різни виробників і складу на хлібопекарські властивості пшеничного борошна. Встановлено, що внесення добавок, що містять хітозан для борошна вищого ґатунку несуттєво змінює якість клейковини. Визначено вплив добавки хітозану на властивості тіста з пшеничного борошна. Встановлено, що зі збільшенням кількості «Хітана» кислотність тіста знижується порівняно з контрольною пробою тіста. Зафіксовано, що внесення «Хітозану» та «Хітозану+» знижує вологість тіста порівняно з контролем без добавок. Проведено дослідження впливу добавки хітозану на органолептичні та фізико-хімічні властивості хлібу. Введення добавок «Хітозан» та «Хітозан+» у тісто не мало істотного впливу на органолептичні показники якості хліба.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

*Хітозан, хітин, хітозанвмісні добавки, хлібобулочні вироби, клейковина, питомий об'єм хліба, реологічні властивості.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	7
1.1 Коротка характеристика харчових волокон.....	7
1.2 Загальні відомості про хітин та хітозан .....	12
1.3 Використання хітозанвмісних продуктів в харчовій промисловості .....	17
1.4 Мета і завдання дослідження .....	31
2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	33
2.1 Об'єкти дослідження та методика випікання дослідних зразків .....	33
2.2 Методи дослідження .....	34
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА .....	37
3.1 Вплив добавки хітозану на хлібопекарські властивості пшеничного борошна .....	38
3.2 Вплив добавки хітозану на властивості тіста з пшеничного борошна .....	41
3.3 Вплив добавки хітозану на органолептичні та фізико-хімічні властивості хлібу .....	43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	53
4.1 Опис дії системи охорони праці на підприємстві з виробництва хліба .....	53
4.2 Розробка картки охорони праці .....	56
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	59
5.1 Розрахунок витрат для проведення дослідження .....	59
5.2 Визначення ціни дослідження .....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	64
БІБЛІОГРАФІЯ .....	66

## ВСТУП

Через несприятливу екологічну ситуацію в окремих регіонах країни та урбанізацію, що супроводжується малорухливим способом життя та шкідливими звичками, зростає важливість продуктів харчування, які підвищують стійкість організму до негативних факторів і сприяють покращенню якості раціону.

У світі приділяється значна увага розробці та виробництву дієтичних і профілактичних хлібобулочних виробів, які завдяки своїй популярності та доступності для різних верств населення є важливим ресурсом для зміцнення здоров'я. Для збагачення хлібних продуктів використовують функціональні харчові добавки на основі природних речовин мінерального, рослинного чи тваринного походження, а також їхніх комбінацій або штучно створених аналогів.

Останні дослідження свідчать про наявність у деяких груп населення України порушень харчування, зумовлених дефіцитом основних поживних речовин та біологічно активних компонентів, а також забрудненням організму ксенобіотиками.

У зв'язку з цим сучасний етап розвитку харчової промисловості характеризується створенням якісно нових харчових продуктів, збагачених фізіологічно функціональними інгредієнтами та біологічно активними добавками. До таких добавок належить природний полімер хітин та його похідні. Хітин, отриманий із панцирів ракоподібних, є ефективним засобом профілактики різних захворювань, сприяє регуляції біологічних ритмів та покращує загальний стан здоров'я людини.

Широке застосування у практиці набула N-дезацетильована форма хітину – хітозан. Завдяки фармакологічній активності та численним позитивним функціональним властивостям хітозану і його похідних, вони належать до групи парафармацевтиків.

Хітозанвмісні добавки використовуються в медицині та деяких галузях харчової промисловості. У цих сферах хітозан і його похідні виконують різноманітні функції, зокрема структурування, емульгування, загущення,

утворення плівок, стабілізація, утримання вологи, етеросорбція, антацидна дія, обволікання, збагачення як біологічно активні добавки.

Водночас інформація щодо застосування хітозановмісних добавок у технологіях виробництва борошняних виробів залишається недостатньою. ЗКрім того, включення хітозану у склад хлібобулочних виробів відкриває можливість створення інноваційних продуктів із антиоксидантними, антимікробними та сорбційними властивостями.

Це підвищить конкурентоспроможність таких виробів на ринку та відповідатиме сучасним вимогам до харчових продуктів, орієнтованих на профілактику захворювань та підтримку здоров'я. Таким чином, тема представленої роботи є актуальною та своєчасною.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

### 1.1 Коротка характеристика харчових волокон

«Харчові волокна є одними із затребуваних та найбільш широко застосовуваних харчових інгредієнтів завдяки їхній багатофункціональності. Харчові волокна використовують як технологічні добавки, що змінюють структуру та хімічні властивості продуктів харчування, так і як функціональні інгредієнти, які здатні надавати сприятливий вплив на організм людини» [1-5].

«Харчові волокна – різноманітні за складом та будовою полімери, які не перетравлюються і не сорбуються в тонкому кишечнику людини і частково або повністю ферментуються в товстому кишечнику» [6].

До 80-х років ХХ століття харчові волокна вважали, так званими, «баластними речовинами», тобто такими, «що не становлять жодної цінності і навіть приносять деяку шкоду для організму, нібито уповільнюють процеси травлення, і використовували їх тільки як технологічні інгредієнти» [7].

Вченими в галузі фізіології було сформульовано «теорію адекватного харчування, доведено важливість споживання харчових волокон людиною для нормального процесу травлення та обміну речовин загалом» [8]. Подальші роботи лише підтверджували важливу роль харчових волокон у нормальній життєдіяльності людини.

«Потреба дорослої людини в харчових волокнах визначається харчовими нормами країни і в середньому становить від 20 до 50 г на добу, Всесвітня організація охорони здоров'я визначила дозу споживання харчових волокон, що рекомендується, не менше 30 г на добу, Департамент харчування та їжі при академії наук США – 25 -38 г (57,184), в Україні, згідно з Нормами фізіологічних потреб в енергії та харчових речовинах для різних груп населення – 20 г» [1, 2, 9-11].

За фізико-хімічними властивостями харчові волокна поділяють на «нерозчинні у воді (целюлоза, хітини, деякі геміцелюлози) і розчинні у воді (пектини, альгінати, інулін,  $\beta$ -глюкани, гуміарабік, камеді, слиз, деякі фракції



геміцелюлози). у свою чергу характеризуються водоутримувальною здатністю, в'язкістю, гелеутворюючою здатністю, сорбційною здатністю» [12].

Харчові волокна «сприяють схуднення, профілактиці жовчнокам'яної хвороби, очищенню кишечника, полегшенню проходження їжі через шлунково-кишковий тракт, зв'язування та виведення токсинів, жовчних кислот, самі ж волокна є поживним субстратом для нормальної кишкової мікрофлори» [6, 13].

Дефіцит харчових волокон у харчуванні вважається одним з багатьох факторів ризику розвитку різних захворювань: «синдром подразненої кишки, гіпомоторна дискінезія товстої кишки з запорами, дисбактеріоз, рак товстої та прямої кишки, дивертикулез, грижа стравохідного отвору діафрагми, жовчнокам'яна хвороба, ожиріння, цукровий діабет, метаболічний синдром, варикозне розширення та тромбоз вен нижніх кінцівок та деякі інші хвороби» [2, 11, 14].

Харчові волокна рослинного походження в основному це структурні складові клітинних стінок рослин, сировиною для їх отримання служать рослини, у тому числі водорості. «До харчових волокон рослинного походження відносять пектин, целюлозу, гуміарабік, інулін, камеді, альгінати, карагінани, агароїди та інші» [6].

Пектини переважно отримують з цитрусових, буряків та яблук. У харчовій промисловості в основному використовують їх гелеутворювальну здатність, застосовуючи як загусники, стабілізатори, гелеутворювачі для приготування фруктових начинок при виробництві кондитерських виробів, і як низькокалорійний замітник жиру при виробництві майонезів, йогуртів, маргарину і спредів. «В організмі пектини виконують функції сорбентів, сприяють регулюванню глюкози та холестерину в крові» [15].

Целюлоза застосовується як емульгатор і як добавка, що «перешкоджає комкуванню у виробництві хлібобулочних виробів, заморожених напівфабрикатів, екструдованих продуктів та макаронних виробів» [10].

Інулін міститься в коренеплодному цикорії, в бульбах топінамбуру, а також у пшениці, цибулі, часнику. Служить субстратом для пребіотиків і пригнічує зростання ряду шкідливих штамів мікроорганізмів, і, головне, інулін не стимулює

утворення інсуліну, що є цінним для людей, які мають діагноз - цукровий діабет. «Інулін застосовують у виробництві дієтичних виробів зі зниженим вмістом цукру та жиру» [7]. Застосування інулінсвміних продуктів науково обґрунтовано у багатьох працях. Вітчизняними вченими вивчається вплив інулінсвміних добавок на хлібопекарську сировину та якість борошняних виробів. Так, дослідниками було встановлено, що «застосування топінамбуру в технології хліба зменшує його глікемічний індекс – важливий показник для хворих на цукровий діабет і хворих на ожиріння, особливу увагу вчені приділяють впливу сировини, що містить інулін, на дріжджові клітини» [14].

За даними вчених, «використання порошку цикорію, цикорію розчинного та цикорію інстантного в технологіях хлібобулочних та борошняних кондитерських виробів підвищує якість, харчову цінність та надають виробам пребіотичних та дієтичних властивостей, у хлібі було виявлено інулін» [5]. Розроблені хліба можуть покривати до 20% від рекомендованого споживання інуліну на добу [16].

Серед харчових волокон, отриманих з рослин, виділяють дві великі групи:

1. «захисні колоїди, що виділяються рослиною при пошкодженнях (арабіногалактан, трагакант, гуміарабік, камедь карайї, камедь гхатті);
2. полісахариди насіння, що запобігають їх зневоднення (камедь ріжкового дерева, вівсяна камедь, гуарова камедь, камедь тари, конжакова камедь)» [12].

«Є камеді, які продукують мікроорганізми – це ксантанова та гелланова камеді. Камеді сприяють утворенню еластичних гелів, підвищенню в'язкості за низьких температур, у зв'язку з чим вони знайшли широке застосування при виробництві морозива» [17].

У харчовій промисловості широко застосовують полісахариди, отримані з червоних та бурих морських водоростей, – альгінати, карагінани та агароїди.

Альгінова кислота та її солі використовують при виробництві кондитерських виробів, майонезу, для надання однорідної консистенції замороженим десертам, як стабілізатор у заміниках вершків, шоколадному молоці та напоях, у тому числі як стабілізатор піни в пиві, так як вони є загусниками, гелеутворювачами та стабілами.

здатними утворювати термостабільні гелі без нагрівання чи охолодження. «Альгінати мають високу комплексоутворювальну здатність і відіграють роль ентеросорбентів в організмі людини» [4].

«Карагенани і агар застосовують як загусники, желюючих агентів, стабілізаторів, освітлювачів, в основному в м'ясній, молочній, кондитерській, плодоовочевій галузях» [7].

«Донедавна основними джерелами харчових волокон прийнято вважати овочі, фрукти та водорості, але є аналоги рослинним волокнам у тваринному світі – це колаген та його фракції та хітини та його похідні» [17].

Колаген отримують зі шкірних покривів свійських тварин, морських риб, акул, схилів, кісткової тканини та сухожилля свиней, бугаїв, коней, з міцелію базидіальних грибів (гливки).

Колаген та його фракції можуть використовуватися як функціональна добавка при виробництві м'ясних продуктів, як структурі- і текстуроутворювача, так і як їстівна оболонка ковбасних виробів. «У пивоварінні застосовується для підвищення якості солоду, освітлення та стабілізації пива, у зв'язку з високою здатністю до збивання та високим рівнем опору до танення його можуть застосовувати в молочній та кондитерській промисловості» [18].

Колаген не перетравлюється організмом, але при термічній обробці переходить у глютиназотисту драглисту речовину, добре засвоювану організмом, але через відсутність у ньому ряду незамінних для організму амінокислот не може служити повноцінним харчовим білком.

«Сировиною для виробництва хітину є зовнішній скелет ракоподібних, комах, клітинні стінки грибів» [20]. «Залежно від виду сировини та ступеня обробки, хітини відрізняються ступенем упорядкованості та взаємною орієнтацією окремих полімерних ланцюгів, деацетильована форма хітину – хітозан може бути як низькомолекулярним, так і високомолекулярним» [21].

Хітини та його похідні застосовують для продовження термінів зберігання молочних продуктів, як сорбент у рибній, пивоварній та виноробній промисловості, для зниження кислотності соків та їх освітлення. «Хітини та його похідні є

джерелом глюкозаміну - метаболіту, що бере участь у регуляції осмотичного тиску в клітині, що формує в'язко-еластичні властивості суглобового хряща» [7].

Як у колагені, так і в хітинах присутні вільні карбоксильні та аміногрупи, що обумовлює їхню здатність пов'язувати в травному тракті іони важких металів з подальшим утворенням нерозчинних комплексів, які не всмоктуються та виводяться з організму. «Ця властивість може використовуватися у профілактиці отруєння солями важких металів» [21].

Добавки тваринного походження мають переваги перед рештою харчових добавок, обумовлені кращою засвоюваністю, як білкової складової, так і природним поєднанням інгредієнтів.

Останнім часом виробники все більшу увагу звертають на функціональні властивості харчових волокон. Як функціональні інгредієнти харчові волокна вводять враховуючи такі умови:

- «продукт збагачення має бути доступний населенню та споживатися регулярно;
- біологічно активна добавка, що вводиться, повинна бути сертифікована» [12];
- до споживчих властивостей продукту не повинні суттєво погіршуватися при введенні до його складу функціонального інгредієнта, у тому числі «необхідно враховувати технологічні параметри для добавки, його поєднання з продуктами, що входять до рецептури, порядок введення добавки» [15];
- «збагачені харчові продукти повинні задовольняти 10-50% добової потреби тих функціональних інгредієнтів, які містять, при цьому враховуючи природний вміст їх у вихідному продукті» [20];
- «функціональні продукти, що розробляються, повинні бути безпечними, а також мати хорошу засвоюваність і задовільні органолептичні властивості» [22].

## 1.2 Загальні відомості про хітин та хітозан

Особливе значення в харчовій галузі та медицині має «хітин, що представляє собою нерозчинний полісахарид, що за рядом показників перевершує харчові волокна рослинного походження» [23-28]. Актуальність його використання зростає у зв'язку з підвищенням інтересу в усьому світі до ресурсозберігаючих технологій, оскільки «його виробництво дозволяє налагодити практично безвідходну переробку сировини в рибній галузі та запобігти забрудненню водного середовища в промислових районах» [29].

«Хітозан був виявлений професором С.Rouget в 1859 році, хоча свою нинішню назву «хітозан» в 1894 році йому дав F.Hoppe-Seyler» [24].

В даний час інтерес до хітину, хітозану та його похідних зростає у всьому світі. У Японії все, що «пов'язане з хітином та хітозаном, входить до державної програми особливої важливості, за якою щорічний обсяг виробництва хітину та хітозану перевищив кілька тисяч тонн» [25]. У США та Європі також нарощується їх випуск, «спостерігається інтенсивний розвиток промислового виробництва хітину та його похідних в Індії, Китаї та Таїланді» [30]. «Світовий потенціал виробництва може становити приблизно 150-200 тис. т хітину на рік» [23, 31].

Вітчизняна промисловість почала виробляти хітин у 70-80-х роках ХХ століття і «зараз обсяг випуску становить близько 80 тонн на рік» [20].

Виробництво хітозану в Україні переважно зосереджено в кількох спеціалізованих організаціях. Одним із ключових закладів є Інститут біології клітини НАН України у Львові, який активно займається дослідженнями та розробками у цій сфері.

Хітозан отримують з хітину, що видобувається з панцирів ракоподібних або грибів, причому останні вважаються перспективним джерелом для промислового виробництва. «У різних областях України також використовуються технології обробки грибів і морських організмів для отримання хітину та хітозану» [20].

«Хітин у природі пов'язаний з іншими речовинами, так у панцирі ракоподібних він утворює з білками хітин-білковий комплекс, кутикула комах побудована з хітин-меланінового комплексу, а клітинна стінка грибів – з хітин-глюканового комплексу. Крім того, у хітині містяться мінеральні солі, пігменти, ліпіди» [32].

На рис. 1.1 представлено хімічну структуру хітину.

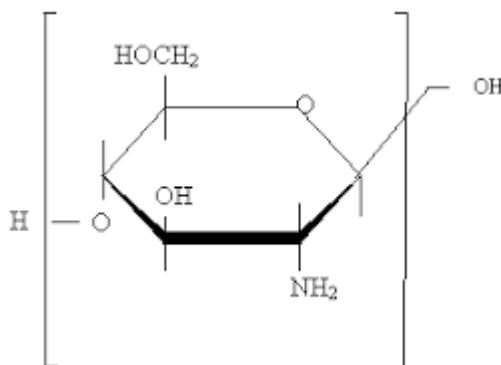


Рисунок 1.1 – Хімічна структура хітину

Найлегше піддається гідролізу хітин-білковий комплекс з ракоподібних панцирів, що «дозволяє виділити хітин у чистому вигляді з відтворюваними характеристиками, що піддається модифікаціям, дозволяючи отримати похідні, розчинні в різних середовищах» [33].

«Сировиною для отримання хітину можуть служити панцирі краба, креветки, криля, річкового раку, талетриди, гладіус кальмара (скелетна пластинка) та інших» [34].

Серед промислових видів крабів найціннішим є камчатський краб, як джерело дієтичного м'яса, а й як джерело хітину. «Маса неїстівних частин тіла краба становить до 75% від маси краба, в яких міститься до 2% жиру, до 23% білка та до 43% хітину, на відміну від криля, панцир якої містить до 2% хітину» [34].

Хітин можна отримати з хітинвмісної сировини трьома основними способами – «шляхом хімічної обробки сировини (кисотно-лужні способи), фізико-хімічним (електрохімічні способи) та біотехнологічним методами (автопротеоліз)» [35].

Узагальнена схема отримання хітину з різних видів сировини, що містить хітин, представлена на рис. 1.2.

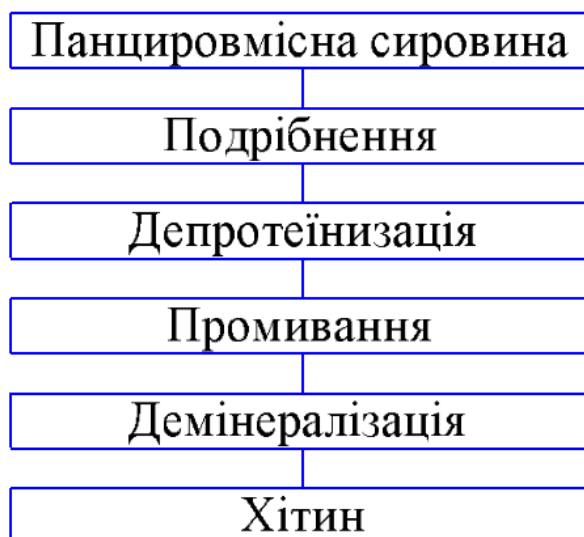


Рисунок 1.2 – Узагальнена схема отримання хітину з різних видів сировини

Першою з модифікацій хітину є хітозан, що отримується реакцією деацетилювання, тобто видалення ацилу (карбонового з'єднання), що супроводжується розривом глікозидних зв'язків полімеру.

«Хітозан – це гомополімер глюкозаміну (при ступені ацетилювання рівної нулю), або гетерополімер ацетилглюкозаміну та глюкозаміну з вмістом М-ацетильних груп більше нуля, розчинний у розведених кислотах, з молекулярною масою більше 16 кДа» [36].

Реакція лужного деацетилювання хітину з утворенням хітозану представлена рис. 1.3.

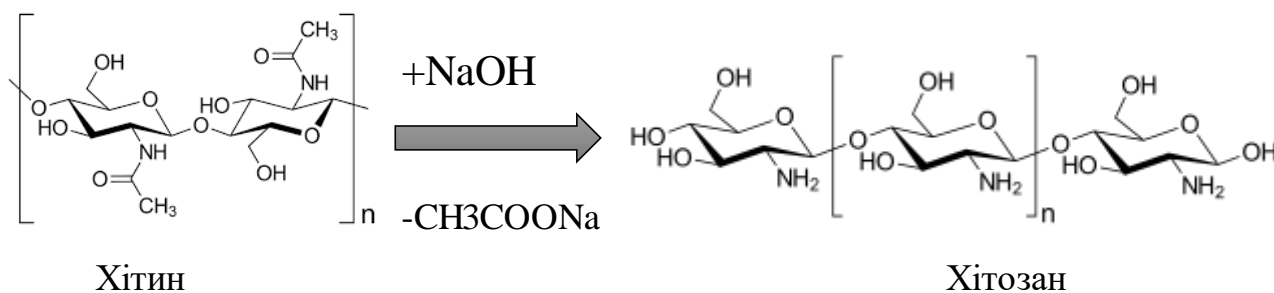


Рисунок 1.3 – Реакція лужного деацетилювання хітину з утворенням хітозану

На рис. 1.4 представлена хімічна структура хітозану.

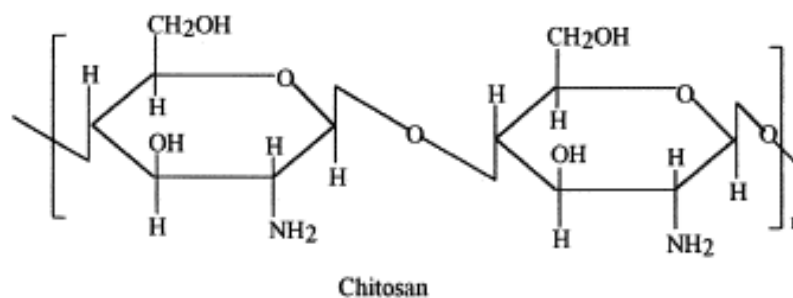


Рисунок 1.4 – Структурна хімічна формула хітозану

«Залежно від ефективності реакції деацетилювання виходять хітозани з різним числом деацетилювання від 80 до 90%» [36]. Число деацетилювання показує відсотковий вміст D-глюкозаміну в молекулі хітозану, тобто якщо йдеться про хітозан з числом деацетилювання 85%, то це означає, що «в молекулі хітозану в середньому міститься 85% D-глюкозамінових залишків і 15% N-ацетил-глюкозамінових залишків. Що ступінь видалення ацилу, то вище функціональний ефект одержуваного продукту» [37].

На вигляд хітозан представляє порошки від білого до кремового кольору, з жовтуватим, сіруватим або рожевим відтінком, без запаху. Іншими властивостями сухого хітозану є електризування та в'язучий смак. «За токсичністю хітозан належить до 4 класу та вважається безпечним продуктом» [38].

«Серед відомих способів отримання хітозану найбільшого поширення набули методи, засновані на дії високих температур (від 95 до 120°C), високої концентрації гідроксиду натрію (50 - 60%) та тривалої обробки хітину (90 - 120 хв)» [36]. Ці методи вимагають використання дорогого корозійно-стійкого устаткування, значних енергетичних витрат, а жорсткі режими лужного гідролізу зрештою призводять до деструкції цільового продукту.

«Хітин та його похідні мають властивості, які роблять їх привабливими для широкого застосування, від харчування та косметики до медицини та охорони навколишнього середовища» [39]. Він не розчиняється у воді, лише слабо в ній набухає, водночас розчиняється в концентрованих кислотах, при цьому



відбувається частковий гідроліз полімеру. Хітин розчиняється при нагріванні в концентрованих розчинах деяких солей: «кальцію, хлориду цинку, тіоціанату літію, і частково розчиняється в сумішах диметилформаміду з двоокисом азоту, гексафторизопропанолі, гексафторацетоні» [40].

Хітозан – похідне хітину, внаслідок чого він має подібні властивості. Велика кількість вільних аміногруп у молекулі хітозану визначає його властивість зв'язувати іони водню та набувати надлишкового позитивного заряду, тому хітозан є хорошим катіонітом. «Крім того, вільні аміногрупи та координаційно пов'язані метали визначають хелатоутворюючі та комплексо-утворюючі властивості хітозану. Цим пояснюється здатність хітозану зв'язувати та міцно утримувати іони металів за рахунок різноманітних хімічних та електростатичних взаємодій» [36].

Велика кількість водневих зв'язків, які здатні утворювати хітозан, визначає його здатність пов'язувати велику кількість органічних водорозчинних речовин, у тому числі бактеріальні токсини та токсини, що утворюються у товстому кишечнику у процесі травлення.

З іншого боку, велика кількість водневих зв'язків між молекулами хітозану призводить до його поганої розчинності у воді, оскільки зв'язки між молекулами хітозану міцніші, ніж між молекулами хітозану та молекул води. Разом з тим, «хітозан добре набухає і розчиняється в органічних кислотах – оцтової, лимонної, щавлевої, янтарної та інших, причому він здатний міцно утримувати у своїй структурі розчинник, а також розчинені та зважені у ньому речовини, тобто. у розчиненому вигляді хітозан має більшу сорбційну здатність, ніж у нерозчиненому» [41].

«Хітозан і його похідні мають антибактеріальну активність, особливо у відношенні до стафілококів та інших патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів» [42].

Хітозан та продукти, збагачені ним, показали себе ефективними засобами у дієтотерапії для корекції надлишкової маси тіла та гастроентерологічних захворювань. «Спостерігалось зниження маси тіла за рахунок жирової тканини та

покращувалися ліпідні показники та рівень цукру в крові, зрозуміле тим, що хітозан виводить ліпіди з організму» [33].

«Хітозан регулює кислотно-лужну рівновагу тканин організму у бік слаболужної, сприяючи найбільш активній роботі лімфоцитів, а також хітозан пригнічує ракову інтоксикацію та метастазування у хворих на злоякісні новоутворення» [39].

Хітинові похідні мають антивірусну [20], антиоксидантну [33], антимуtagenну [42] активність.

Механізм дії найбільш активної, розчинної частини, хітозану прийому внутрішньо полягає в тому, що під впливом травних ферментів він розщеплюється і всмоктується у вигляді низькомолекулярних сполук. Інша частина хітозану, не розщеплена ферментами, перетворюється на гелеподібну масу і діє в шлунково-кишковому тракті «як адсорбент ворсинчастого апарату тонкого кишечника, знижуючи рівень ліпідів крові, шляхом з'єднання з жовчною кислотою в кишечнику, що блокує всмоктування холестерину в кров, зменшує перехід токсинів із кишечника в кров» [31].

Хітин і хітозан біологічно зруйновані і не забруднюють навколишнє середовище, тому що під дією мікробних ферментів – хітиназ і хітобіаз – розщеплюються до  $\alpha$ -ацетил- $\beta$ -глюкозаміну і D-глюкозаміну. «Ряд бактерій роду *Bacillus*, *Pseudomonas* і *Streptomyces* за рахунок секреції хітиназ здатні використовувати хітин як джерело вуглецю» [36].

### 1.3 Використання хітозанвмісних продуктів в харчовій промисловості

Біологічні властивості препаратів хітозану залежать від молекулярної маси, ступеня деацетилювання, відсоткового вмісту хімічних угруповань, включених до структури препарату, а «також від виду сировини, з якої отримано хітозан (криль, креветки, краби, підмор бджіл та ін.) та/або інших лікарських засобів. форм (лікарські рослини та інше), що містяться в хітозанвмісних препаратах» [43-49].

Хітозан, отриманий з підмору (хітинового покриву) бджіл, має свої особливості, відмінні від хітозану, отриманого з ракоподібних панцирів. «Бджолиний хітозан розчинний при рН 5,5, в ньому є меланіновий комплекс, звідси світло-коричневий колір порошку» [45, 49].

Хітозанвмісні харчові добавки рекомендується приймати як профілактики різних захворювань, так і при вимушеному вживанні жирної калорійної їжі (у поїздках, на банкетах), прийомі жирного м'яса, риби або кондитерських виробів на тлі тривалої дієти.

Хітозан є поліфункціональним з'єднанням, що має цілу низку важливих для профілактичної медицини властивостей. Насамперед, це «сорбційні, імуномодулюючі, ранозагоювальні, антибактеріальні, протигрибкові, ліпотропні та регенеруючі властивості, а також біологічна активність, біодеградуваність, радіаційна стійкість, здатність до волокно- та плівкоутворення. Поєднання нешкідливості та біологічної сумісності зумовило його широке застосування» [46-49].

«Хітозан знижує кров'яний тиск, є ефективним засобом профілактики діабету, він здатний запобігати крововиливу, покращувати функції печінки, підвищувати імунітет» [44].

За рахунок протимікробної активності хітозан та його похідні знайшли широке застосування у виробництві препаратів для зовнішнього застосування - мазі, креми [41] та лікувальної косметики [43], оскільки він здатний ефективно лікувати опіки, травми, прискорювати процес загоєння ран.

Хітозан здатний пов'язувати і виводити з організму ліпідів в кількості в 4-5 разів більше своєї молекулярної ваги (у 5-10 разів ефективніше в порівнянні з іншими полісахаридами), що «благоутворно може позначитися на людях, які бажають контролювати свою вагу, оскільки надмірне накопичення жирів в організмі є не стільки косметичною проблемою, скільки медичною, що спричиняє розвиток таких захворювань, як атеросклероз, ішемічна хвороба серця, гіпертонія та інші порушення обміну речовин» [47].

«Хітозан знижує рівень ліпопротеїдів низької щільності, тригліцеридів, підвищує рівень ліпопротеїдів високої щільності, сприяє зниженню ваги, оскільки його молекула позитивно заряджена» [43].

Природні властивості хітозану дозволяють його рекомендувати як ендосорбент, він також «дозволить знизити явище ендотоксемії у хворих з хронічною та гострою нирковою недостатністю, у тому числі і тим, що перебувають на діалізі» [45].

Хітозан все ширше застосовується як добавка до продуктів харчування, медичні та косметичні препарати. Хітозан використовують «для створення очних плівок, штучної рогівки ока, штучної шкіри, лікувальних плівок та пластичних матеріалів для стоматології, гемостатичних матеріалів, а також для створення мікрокапсул із хітозану для адресної доставки лікарських препаратів» [49]. Хітозан сорбується негативно зарядженою поверхнею клітинної мембрани, «сприяючи посиленню проникності епітелію слизових оболонок для спільно введених речовин, у тому числі для високомолекулярних (інсулін, гормони), які через слизові оболонки не проникають» [45, 48].

Хітин і хітозан може становити інтерес як одне з джерел харчового глюкозаміну, будучи незамінним нутрієнтом, який переважно застосовується при лікуванні остеоартриту. «Є ряд способів отримання глюкозаміну з хітозану, особливий інтерес представляє спосіб, розроблений вченими – зменшення ряду реакційних агентів та отримання основної речовини не менше ніж 99%» [50].

У зв'язку з вищесказаним створення біологічно активних харчових добавок з використанням хітозану як основний або допоміжний компонент є доцільним і актуальним.

У всьому світі природний полісахарид хітозан знаходить широке застосування в різних галузях діяльності людини.

«У текстильній промисловості хітозан вивчається як перспективний агент при фарбуванні тканин, він здатний інтенсифікувати колір та сприяє кращому закріпленню колора» [50, 51].

У сільському господарстві хітозан можна використовувати для збереження схожості, знезараження насіння, кращого приживання рослин. «У насіння, покритого хітозаною оболонкою, підвищується швидкість розвитку та ймовірність проростання, вони стають менш сприйнятливими до захворювань» [48]. У США «хітозанові препарати широко застосовують у сільському господарстві» [51].

У ветеринарії хітозан «служить добавкою в корму сільськогосподарським тваринам та птахам для поліпшення продуктивності та підвищення імунітету, так як його дія аналогічна дії на організм людини» [50]. Хітозан використовують також «у кормах акваріумних риб та для промислової відгодівлі на рибофермах» [51].

У харчовій промисловості «хітозан використовують як загусник та структуроутворювач при виробництві соків, мусів, йогуртів, соусів, желе та інших харчових продуктів» [43]. Хітозан застосовується для освітлення та зниження кислотності фруктових соків, при додаванні хітозану в молочні продукти термін їх збереження підвищується, запобігає скисанню, він «використовується також для очищення стічних вод підприємств м'ясо-молочної та рибної промисловості» [52].

Хітозан може бути «рекомендований при виробництві фаршу сурімі, що йде на виготовлення цінних харчових продуктів, таких як крабові палички, камобоко, слабосоленої продукції з лососевих риб та паличок сушених лососевих та інших продуктів» [46].

Для отримання фаршу сурімі проводиться операція промивання подрібненої м'язової тканини риби прісною водою для вимивання водорозчинних білків, але дана операція погіршує функціональні властивості сурімі, руйнуючи клітинну структуру м'язової тканини риби, а «перемішування у водному середовищі призводить до екстракції білкових компонентів цьому утворюється велика кількість промивних вод, з якими йде більше 25% загальної кількості саркоплазматичних білків м'язової тканини риби» [49], які у виробничих умовах найчастіше не утилізуються, що створює додаткову екологічну проблему.

За допомогою хітозану можна виділяти білок із промивних вод виробництва фаршу сурімі. «Цей спосіб дозволяє осадити більше 90% білка водорозчинного, що

знаходиться в промивній воді. При цьому одна частина хітозану здатна утримувати до 10 частин білка водорозчинного» [53].

Отриманий білково-хітозановий осад білка зберігається у нативному вигляді, а присутність хітозану надає йому біологічно активних властивостей. «За хімічним складом осад близький до харчового рибного фаршу – вміст білка становить 15,3%, ліпідів – 0,2%, води – 81,0%, вологоутримуюча здатність 55,0%» [54].

Дані функціонально-технологічні властивості осаду дозволяють його використовувати при виробництві емульсійних продуктів, так як він здатний утворювати стійкі емульсії, що не руйнуються при тепловій обробці та зберіганні. «Стійкість емульсії забезпечується присутністю двох емульгаторів: білка м'язової тканини риби та полісахариду – хітозану» [51]. Отримані результати свідчать, що «білково-хітозановий осад виявляє властивості емульгатора і загусника при певному вмісті, що дозволяє отримати стабільні емульсії заданої консистенції» [52].

За даними органолептичних досліджень були «розроблені рецептури соусів і паст на основі емульсії з наступним співвідношенням білково-хітозановий осад: олія: вода = 20:50:30 (гранична напруга зсуву 260-300 Па)» [52]. Емульсія, що має консистенцію сметани, білого кольору зі слабо вираженим рибним запахом і смаком рослинної олії. Вибрані компоненти підкреслюють, згладжують або облагороджують рибний запах, характерний білково-хітозановому осаду, надають привабливого кольору, оригінального смаку і підвищують харчову цінність продукту.

На підставі органолептичних оцінок обрано найкращі рецептури соусів та паст, розроблено нормативну документацію. «Готові емульсійні продукти типу соусів та білкових паст рекомендовані як самостійні продукти харчування, так і як добавки до кулінарних виробів з риби та морепродуктів» [50].

Хітозан можливо використовувати як консервуючу добавку до рибних продуктів, з цією метою розроблені та випробувані композиційні суміші на основі харчового хітозану. «Рибні продукти, оброблені препаратами на основі харчового

хітозану, характеризувалися добрим і приємним, властивим їм, запахом і смаком, відсутністю псування, порівняно з контрольними зразками» [54].

«Хітозан у пресервах з гідробіонтів може відігравати роль індивідуального бар'єру, що підтримує мікрофлору у стані анабіозу, збільшуючи їх термін зберігання» [55].

Для виробництва пресервів з гідробіонтів можуть бути рекомендовані «желейна заливка та її емульсія, що мають лікувально-профілактичні властивості у зв'язку із вмістом карбоксиметилцелюлози та хітозану» [55].

Були створені консерви "Роли морські з хітозаном", «де хітозан грав роль структуроутворювача - ущільнював лист ламінарії і пов'язував внутрішні частини продукту» [55].

На основі хітозану розробляються консерванти для «збільшення терміну придатності ікри лососевих риб, гарантований термін зберігання ікри з таким консервантом при температурі  $-4...6^{\circ}\text{C}$  у герметичній або скляній тарі становить 12 місяців, а в полімерній до 6 місяців» [54].

Далекосхідний державний технічний рибогосподарський університет веде розробки в галузі технології сферолітів - аналогів натуральної ікри. Було розроблено «технологію отримання хітозан-альгінатних біокапсул для виготовлення аналога ікри. Отримані зразки були близькі до оригіналу як зовні, так і за органолептичними показниками» [49].

З 90-х років. ХХ століття розпочалися перші спроби дослідження та застосування хітозану в молочній галузі. Активну участь у цьому брали вітчизняні вчені [51], які розробили низку перспективних напрямів використання хітозану у тій чи іншій формі у технології молочних продуктів, наприклад, при виробництві молочних десертів [52], молочних напоїв [56], молочного желе.

Завдяки високій активності хітозану в процесі комплексоутворення з білками молока була отримана освітлена молочна сироватка з низьким вмістом білкових речовин та нейтральними органолептичними показниками, його висока сорбційна ємність дозволяє при низьких концентраціях хітозану (менше 1%) викликати глибокий поділ молочного сиру.

«Ступінь виділення молочного жиру сягає 100%, білків – до 88%» [57].

Технологія осадження фракцій білка в свіжій сироватці наступна:

- сироватку звільняють від залишків жиру і казеїнового пилу,
- в підготовлену сироватку вносять колоїдний розчин хітозану, приготований за певною методикою,
- суміш ретельно перемішують і витримують,
- утворений освітлену сироватку з'єднують із заздалегідь підготовленим купажем, потім подають на розлив у газований вигляді.

За цією технологією розроблені напої: "Яблуко", "Персик", "Апельсин", що мають найкращі органолептичні властивості [57].

Запропоновано технологію переробки молочної сироватки із застосуванням хітозану для отримання  $\beta$ -лактоглобуліну та гіпоалергенну молочну сироватку [52].

Використання колоїдного «розчину хітозану як композиційний структуроутворювач дозволяє виключити значні енерговитрати, збільшити відсоток виділення білкових речовин, отримати білковий комплекс для вироблення збагачених молочних продуктів» [56]. У молочній промисловості також можна використовувати «хітозанглюканові комплекси для фракціонування молочних білків сироватки» [51, 52].

Властивість хітозану утворювати стійкі гелі може бути використана у виробництві структурованих багатокомпонентних систем: пудингів, мусів, желе з різними натуральними або ідентичними натуральними компонентами. При цьому найкращих результатів можна досягти при введенні комплексного стабілізатора композиційного, одним з компонентів якого є хітозан. Застосування «хітозану як дозволяє отримати стійку консистенцію молочних продуктів, а й можливість продовжити терміни зберігання продукту» [51, 52, 56].

Особливий інтерес є вивчення впливу хітозану на розвиток молочнокислих мікроорганізмів у присутності хітозану. Встановлено, що «його бактерицидні властивості зумовлюють пригнічення патогенної та умовно-патогенної мікрофлори» [58]. Однак хітозан значно впливає і на зростання технічно важливої мікрофлори при виробництві кисломолочних продуктів.



Внаслідок вивчення впливу хітозану на різні види культур (*Str. lactis*, *Str. termophilus*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. Acidopyilus* та ін.) розроблено технології виробництва нових кисломолочних напоїв. «Напої характеризуються однорідною консистенцією, приємним кисломолочним смаком, їхній термін реалізації значно збільшений» [56].

Розроблено напій кисломолочний «Ацидохіт», «вироблений з пастеризованого нормалізованого по жиру молока, білкового концентрату на основі сирної сироватки із застосуванням харчової добавки - хітозан, чистих культур молочнокислих ацидофільних паличок «Біобактон», смакових та ароматичних наповнювачів» [51]. Продукт містить у своєму складі пробіотичну закваску, сироваткові білки та полісахарид хітозан. «Напій відноситься до функціональних кисломолочних напоїв і призначений для безпосереднього вживання в їжу, рекомендований для людей, які проживають у регіонах з неблагополучною екологічною обстановкою» [52].

Хітозан має здатність пригнічувати пліснявіння, яке можна використовувати в розробці рецептур оболонки для сирів, які можуть допомогти зберегти вологість і, навпаки, захистити від вологи. «Хітозанові їстівні плівки можуть використовуватися для пакування їжі» [58].

Калінінградський державний технічний університет застосував хітозан замість крохмалю під час виробництва функціонального морозива. Розроблений «продукт - морозиво «Слинове хітаки» - характеризувався низькою швидкістю танення та високим значенням показника «збитість», хітозан у цій системі виконував роль емульгатора» [55].

«У м'ясопереробному виробництві використовуються різні харчові добавки з метою покращення функціонально-технологічних характеристик (водопоглинальна, гелеутворююча, жирутримуюча, водозв'язувальна, емульгуюча здатність, набухання, гранична напруга зсуву), для поліпшення якості або раціонального використання сировини та зниження собівартості м'ясопродуктів» [55]. Більшість цих добавок створена на основі соєвих білкових продуктів і виробляється за кордоном і має високу вартість.

«Хітозан сприяє поліпшенню функціонально-технологічних характеристик харчових добавок, на основі яких використовується соєвий білок» [55].

Вченими були вивчені емульсійні властивості та гелеутворююча здатність соєвого концентрату в присутності сукцинатів хітозану і встановлено, що дослідні зразки мають досить високі емульсійні властивості порівняно з контролем. У утворенні та стабілізації емульсій істотну роль грають як білки, і полісахариди. «Білки виконують функцію поверхнево-активних речовин, що полегшують процес емульгування, беруть участь у формуванні міжфазних адсорбційних шарів. Сукцинати хітозану виконують роль загусника водної фази, підвищуючи вихідні показники емульгуючої та гелеутворюючої здатності соєвих концентратів» [59].

Розроблено рецептурні композиції вареної ковбаси, збалансовані за кількістю білка, жиру, амінокислотним складом, а також за основними функціонально-технологічними показниками. Встановлено, що «цей вид продукції підвищує біологічну цінність виробу, зменшує його собівартість та рекомендований для профілактики цукрового діабету» [59].

Хітозан використовується також як консервант для збереження запаху та смаку. Дослідники в Південному Регіональному Науково-дослідному Центрі Міністерства сільського господарства США (USDA) у Нью-Орлеані використовували похідні хітозану як консервант для збереження свіжого смаку яловичини. Мета дослідження полягала в тому, щоб «знайти водорозчинний компонент, який був би сумісний з м'язовим білком м'яса і зменшував би його псування. Похідне L-карбоксиметилхітозан запобігає псуванню м'яса, зв'язуючи атоми заліза і запобігаючи їх реакції з киснем, який і викликає ряд реакцій, що знищують аромат» [54].

Хітозан здатний інтенсифікувати смак та запах продуктів. «Протягом багатьох тисячоліть надання м'ясного смаку продуктам харчування використовувалися гриби, джерело хітину» [53].

В даний час як засіб для надання м'ясного смаку обробленим харчовим продуктам дослідники розглядають мікрочастинки хітину, помічено, що при

його нагріванні утворюються речовини, що формують смак підсмаженої їжі і аромат багатьох харчових продуктів.

Світові вчені вважають, що препарати, що містять хітин, – це ідеальні інтенсифікатори смаку і запаху, які можуть широко застосовуватися в напівфабрикатах або готових продуктах, які потребують мінімальної обробки перед вживанням, з низьким вмістом жирів. За його твердженням: «Хітин та його похідні можуть найближчим часом стати важливими смаковими складовими у готових та делікатесних харчових продуктах та ароматизаторах, особливо у вегетаріанських стравах» [59].

Відомо, що з причин помутніння вин є підвищена концентрація металів, які разом з іншими компонентами середовища утворюють нерозчинні опади. Для забезпечення високої якості вин необхідно знизити вміст металів, таких, як залізо, мідь. В якості деметалізаторів найчастіше використовують жовту кров'яну сіль, фітин, тринатрієву сіль нітрилотриметилфосфорної кислоти та інше. Однак вони мають ряд недоліків: «неповне виведення металів, негативний вплив на органолептичні властивості вина, багатостадійність обробки, токсичність. Проведені дослідження показали можливість використання сорбентів, що містять хітин, для зниження концентрації іонів заліза в сухих винах» [60].

Хітозан можна застосовувати при освітленні плодово-ягідного соку та стабілізації пива при його виробництві, яка необхідна для забезпечення стійкості напою за такими показниками, як смак, піна, прозорість протягом усього терміну придатності. До небажаних проявів, які роблять пиво непридатним для вживання, належать колоїдні помутніння. Дослідження показали, що основний внесок у освіту колоїдної каламуті вносять білки та поліфенольні речовини. «При виникненні незворотного колоїдного помутніння відбувається окислювальна конденсація поліфенольних речовин і утворення міцних комплексів поліфенолів, що конденсуються, з високомолекулярними білками за рахунок водневих зв'язків, гідрофобних та іонних взаємодій» [60].

Існує ряд технологічних прийомів, покликаних сповільнити, або запобігти появі колоїдних помутнінь пива. Так, для позбавлення від небажаних білкових

помутнінь використовують гідрогелі, ксерогелі і силікагелі, а для видалення поліфенольних речовин, що утворюють пластів, - полівінілполіпірролідон. «Іноді при технологічній обробці пива застосовують надмірно жорсткі операції, що значною мірою знижують якість пиво. До того ж не завжди прийняті обробки дають бажані результати, але є досить дорогими» [53].

Вчені досліджували різні зразки пива із застосуванням хітозану для визначення його впливу на ступінь вилучення поліфенольних речовин, загального та коагульованого азоту, кольоровість, каламутність та якість піни. Аналіз результатів показав, що «зі збільшенням концентрації хітозану з 0,5 до 2,0 г/дм<sup>3</sup> зростає рівень вилучення з пива поліфенольних речовин, загального та коагульованого азоту та значно знижується каламутність» [60].

«Застосування хітозану в дозах понад 2,0 г/дм<sup>3</sup> призводить до істотного зниження в досліджених зразках пива висоти та стійкості піни через вилучення великої кількості коагульованого азоту, що неприпустимо при фізико-хімічній та органолептичній оцінці даних сортів пива» [60]. Дослідниками було зроблено висновок, що «до кожної партії пива необхідно підходити індивідуально, визначаючи концентрацію хітозану з урахуванням вмісту фенольних та білкових речовин та вимог до показників якості конкретного сорту пива» [60].

Встановлено, що «обробка пива хітозаном призводить до більш ефективної сорбції поліфенолів, загального та коагульованого азоту, ніж обробка традиційними стабілізаторами» [61]. При цьому фізико-хімічні показники пива залишаються в межах специфікації на даний сорт, а показники якості ціноутворення навіть перевищують аналогічні показники, одержані після обробки пива традиційними стабілізаторами.

Перспективний напрямок застосування хітозану та його похідних у хлібопекарській промисловості [60-67].

В провідних наукових установах України в галузі хлібопечення проводили роботи, які доводять, що важливою перевагою зернового хліба порівняно з хлібом із сортового борошна є підвищений вміст харчових волокон, білків та мінеральних речовин, що досягається збереженням периферійних частин.

Негативною стороною виробництва хліба з цілого зерна є підвищена кількість радіонуклідів та важких металів та активність ферментних систем, що викликають псування диспергованої зернової маси.

Для усунення даних негативних явищ та стабілізації властивостей зернової маси, підвищення якості та безпеки готової продукції проведено дослідження щодо розробки додаткових заходів щодо вдосконалення технологічної схеми виробництва зернового хліба. «Була розглянута можливість консервування диспергованої зернової маси заморожуванням із включенням до рецептури біологічно активних добавок, що сприяють виведенню з організму важких металів та радіонуклідів при вживанні хліба» [20].

«Було досліджено та вивчено добавку на основі хітозану харчового «Амідан», що є колоїдним розчином високоочищеного полімеру, відомого як ефективний сорбент іонів важких металів, радіонуклідів та інших токсинів, на реологічні властивості тіста і якість хліба з цілого зерна пшениці» [60].

Додавання харчового хітозану, згідно з даними, впливає на якість зернового хліба. «При внесенні хітозану після диспергування у кількості 0,1% спостерігалось зниження показників питомого обсягу, формостійкості подового хліба, властивостей м'якушу реологічних; при внесенні хітозану у кількості 0,2-0,8% - збільшились показники питомого обсягу з 1,35 до 2,28 см<sup>3</sup>/г; формостійкість подового хліба зросла з 0,33 до 0,58%» [61].

Подальше збільшення дозування призводило до зниження цих показників. Найкращі показники якості мали проби хліба з додаванням хітозану в першому варіанті в кількості 0,8%. «При додаванні хітозану під час замісу тесту у кількості 0,4% до маси диспергованого зерна відзначалося збільшення питомого обсягу хліба на 23%, формостійкості – на 11%, загальної деформації м'якуша – на 19% порівняно з контролем» [62]. При включенні хітозану до рецептури зернового хліба спостерігалось зниження кислотності м'якуша виробу.

Проведені дослідження показали, що розчин хітозану розслаблює клейковину борошна у зв'язку з кислотними властивостями розчинника, зменшується інтенсивність бродіння. Встановлено, що «хліб з додаванням колоїдного розчину

хітозану не вимагає тривалого вистоювання, порівняно з контрольним зразком, було зроблено висновок, що для отримання тесту з необхідними фізико-хімічними та органолептичними показниками внесення розчину з хітозаном не повинно перевищувати 20-30%, оптимальна тривалість вистоювання - 40-50 хвилин, тривалість бродіння не більше 120-150 хвилин» [63].

Готові хлібобулочні вироби з використанням колоїдного розчину хітозану відрізнялися добре розвиненою, дрібною, рівномірною пористістю і насиченою золотистою забарвленням кірки, приємним смаком і ароматом, «відзначено деяке уповільнення процесу черствіння хліба, обумовлене наявністю хітозану, здатного утримувати вологу та інших компонентів» [63].

У Латвійському сільськогосподарському університеті було проведено роботу з дослідження впливу олігосахаридів хітозану на зберігання хліба. «До рецептури хліба входило борошно, цукор, масло, сіль, дріжджі, маргарин, вода, хітозан (низькомолекулярний або середньомолекулярний) або олігосахарид хітозану (ацетат, лактат, аскорбат або сукцинат), аскорбінова кислота» [64]. Механізм черствіння повністю ще не знайшов однозначного пояснення і залежить від фізичних та хімічних процесів та змін у структурі крохмалю та білків хліба при його зберіганні. «Вміст і рівень зв'язаності вологи в хлібі визначають як довго хліб залишиться свіжим. Інтенсивність процесу черствлення хліба залежить від низки чинників» [64].

Додавання в тісто хітозану та сукцинату олігосахариду хітозану призводило до збільшення твердості м'якішу булочок. Ефект був більш вираженим для хітозану середньої молекулярної ваги, порівняно з хітозаном низької молекулярної ваги. «Додавання ацетату, лактату та аскорбату олігосахаридів хітозану не вплинули істотно на твердість свіжоприготовлених булочок. Швидкість підвищення твердості м'якушу непостійна у процесі зберігання» [65].

Автори припускають, що різні механізми черствіння переважають на різних етапах зберігання хліба. «Найвища швидкість підвищення твердості в перший день зберігання спостерігалось у булочок, що містять хітозан середньої молекулярної маси, сукцинат хітозан і аскорбат олігосахариду хітозану» [66].

Значно менша інтенсивність наростання твердості спостерігалася для контрольного зразка та булочок, що містять ацетат олігосахариду хітозану. Зовсім незначні зміни твердості зміни твердості відзначені для булочок, що містять сукцинат та лактат олігосахаридів хітозану в першу добу зберігання, однак їх твердість різко збільшувалася на другий день.

У той же час зниження твердості після двох днів зберігання було зафіксовано для контрольних булочок і булочок, що містять сукцинат олігосахарид хітозану, а також ацетат і аскорбат олігосахаридів хітозану. На другій стадії, з третього по п'ятий день, найбільша швидкість підвищення твердості відзначена для булочок, що «містять хітозан сукцинат і хітозан середньої молекулярної маси, проміжна для булочок, що містять оцетат і лактат олігосахаридів хітозану, і порівняно нижча інтенсивність було, що містять аскорбат та сукцинат олігосахаридів хітозану» [66].

Така поведінка перебуває у згоді з даними інших дослідників, які стверджують, що черствування є результатом накладання двох незалежних фізичних процесів: «у перші два дні відбувається зміна в організації полімерних ланцюгів крохмалю, а наступні дні переважає механізм втрати води глютенном» [66]. Можна припустити, що на першій стадії хітозан, через свою здатність зв'язувати ліпіди та перешкоджати утворенню амілозо-ліпідних комплексів, які інгібують черствування, збільшує таким чином швидкість підвищення твердості булочок і на другій стадії хітозан прискорює дегідратацію глютену завдяки здатності вбирати вологу.

Інший можливий механізм – це «адсорбція на поверхні крохмалю макромолекул хітозану, який блокує поглинання крохмалем води, що виділяється глютенном, і як наслідок сприяє її міграції у напрямку до хлібної кірки» [67].

Перелічені механізми значно меншою мірою характерні для олігосахаридів хітозану і для хітозану низької молекулярної ваги в порівнянні з хітозаном середньої молекулярної ваги. Крім того, «низькомолекулярні субстанції інгібують утворення зшивок між молекулами глютену та крохмалю, запобігаючи черствінню» [67].

#### 1.4 Мета і завдання дослідження

Метою роботи визначено удосконалення технологій хлібобулочних виробів шляхом використання добавок на основі хітозану, що дозволить розширити асортимент продуктів профілактичного призначення, сприяючи покращенню здоров'я населення.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

1. визначити вплив добавки хітозану на хлібопекарські властивості пшеничного борошна;
2. встановити вплив добавки хітозану на властивості тіста з пшеничного борошна;
3. дослідити вплив добавки хітозану на органолептичні та фізико-хімічні властивості хлібу.

Висновки по розділу.

З огляду літератури встановлено, що харчові волокна є важливим компонентом раціону, що сприяє підтримці здоров'я людини. Їх роль включає регулювання роботи шлунково-кишкового тракту, зниження рівня холестерину в крові та попередження захворювань, пов'язаних із порушенням обміну речовин. До харчових волокон відносяться як нерозчинні (целюлоза, лігнін), так і розчинні (пектини, гуми,  $\beta$ -глюкани) сполуки. У харчовій промисловості їх використання спрямоване на збагачення продуктів функціональними властивостями, включаючи регуляцію текстури та покращення функціональних характеристик виробів.

Хітин є природним полімером, що зустрічається в екзоскелетах ракоподібних, комах та стінках грибів. Його похідна, хітозан, отримується шляхом дезацетилювання хітину та має численні функціональні властивості, серед яких антиоксидантна, антимікробна, сорбційна й плівкоутворювальна активність. Ці властивості дозволяють класифікувати хітозан як перспективний компонент для харчової та медичної промисловості, а також як дієтичну добавку для профілактики захворювань і підвищення імунітету.



Хітозан і його похідні знайшли широке застосування у харчовій промисловості завдяки своїм функціональним властивостям. Його використовують як загусник, стабілізатор, емульгатор, плівкоутворювач і вологоутримуючий компонент у виробництві різноманітних продуктів, включаючи молочні вироби, м'ясо та хлібобулочні продукти. Однак недостатня кількість досліджень щодо використання хітозану в технологіях хлібопечення створює перспективи для впровадження інноваційних підходів. Збагачення хлібобулочних виробів хітозаном може забезпечити їхні антиоксидантні та антимікробні властивості, покращити структуру й текстуру, а також розширити асортимент продукції профілактичного призначення.

Таким чином, аналіз літературних даних підтверджує значний потенціал хітозану як функціонального інгредієнта для збагачення хлібобулочних виробів із метою покращення їхніх властивостей та підвищення харчової цінності.

## 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Об'єкти дослідження та методика випікання дослідних зразків

Основними об'єктами досліджень було борошно пшеничне хлібопекарське вищого та другого гатунку (виробник ТОВ «Дніпромлин»). В роботі використовували 2 проби борошна, що відрізняються за хлібопекарськими властивостями.

Використовували також наступні види сировини:

- дріжджі пресовані хлібопекарські;
- сіль кухонну харчову;
- добавки «Хітозан» виробництва «Elite Pharm» та «Хітозан+» виробництва «Choice Ukraine».

Для визначення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна вищого гатунку проводили пробну випічку з приготуванням тіста безопарним способом за Міждержавним стандартом 27669-88.

Хліб із пшеничного борошна готували за рецептурою, представленою в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Уніфікована рецептура хліба із пшеничного борошна вищого гатунку

Сировина	Витрата сировини, кг
Борошно пшеничне хлібопекарське вищий гатунок	100,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані	2,5
Сіль кухонна харчова	1,5

У лабораторних умовах тісто замішували вручну, температура тіста 32°C, бродіння тіста проводили в термостаті при температурі 32-33°C протягом 150 хв., через кожні 60 хв тісто обминали. Тісту надавали форму у вигляді кульки, укладали

на залізний лист або форму. Вистоювання проводили в термостаті при температурі 36-38°C протягом 40-50 хв. Після вистоювання тістові заготовки поміщали в піч і випікали при температурі 220-230°C.

## 2.2 Методи дослідження

Пшеничне борошно, що використовується в роботі, аналізували за органолептичними показниками, вологістю, кислотністю, визначали кількість і якість сирої клейковини.

Аналіз борошна пшеничного проводили відповідно до Міждержавного стандарту 26574, визначення кольору, запаху борошна здійснювали за Міждержавним стандартом 27558, вологість борошна – за Міждержавним стандартом 9404, кислотність борошна – за Міждержавним стандартом 27493-87, кількість і якість сирої клейковини – ДСТУ ISO 21415-1:2009, зараженість та забрудненість борошна шкідниками – за Міждержавним стандартом 27559.

Властивості напівфабрикатів хлібобулочних виробів характеризували відповідно до методів контролю, викладених у посібнику [68].

У процесі приготування тіста визначали вологість, кислотність, що титрується, контролювали температуру.

Вологість напівфабрикату визначали на приладі ППВІ-1 [69].

Титровану кислотність визначали відповідно до методу, описаного в посібнику [70].

Температуру напівфабрикату визначали за допомогою спиртового термометра [69].

Якість хліба визначали не раніше ніж через 4 години і не пізніше, ніж через 24 години після випічки. Визначали форму хліба, колір кірки, поверхню кірки, колір м'якішу, вологість, кислотність, пористість, формостійкість.

Проводили органолептичну та фізико-хімічну оцінку якості хліба. Візуально характеризували хліб за органолептичними показниками:

- зовнішній вигляд (форма, стан поверхні кірки, забарвлення кірки);

- стан м'якiшу (колiр, рiвномiрнiсть забарвлення, еластичнiсть);
- пористiсть (по крупностi, по рiвномiрностi, по товщинi стiн пор);
- смак, запах;
- комкуватiсть, крихкуватiсть, хрускiт вiд мiнеральної домишки;
- ознаки хвороби та плiсняви.

Фiзико-хiмiчний аналіз вклучав оцiнку якостi за показниками:

- вологiсть м'якушки за Мiждержавним стандартом 21094,
- титрована кислотнiсть м'якушки за Мiждержавним стандартом 5670,
- пористiсть м'якушки за Мiждержавним стандартом 5669.
- питомий об'єм та формостiйкiсть хлiба за методом, представленим у лабораторному практикумi [69].

Для визначення реологiчних властивостей м'якушки хлiба на автоматизованих пенетрометрах АП-4/1 та АП-4/2 використовують тiло занурення з пластмаси, що має дiаметр 25 мм та круглу (радіусом 12,5мм) нижню частину. На сталевий стрижень тiла, закрiплений у втулці штока системи занурення, встановлюють додатковий знiмний вантаж (металевий диск) з прорiзом для стрижня, при якому маса системи занурення дорiвнює  $G$ . Масу знiмного додаткового вантажу пiдбирають так, щоб пiсля зняття загальна маса системи занурення менше і дорiвнювала  $G_2$ .

З цiлого формового хлiба вирiзали пробу встановленої товщини та розмiрiв. «Систему занурення пенетрометра з тiлом пiднимали та закрiплювали у вихiдному положеннi. На тiло занурення встановлювали знiмний вантаж, загальна маса системи занурення повинна дорiвнювати  $G_j$ . Пробу встановлювали на плоскiй поверхнi пiдйомного столика пенетрометра, який пiднимали доти, доки поверхня проби не стикнеться з тiлом занурення. Вихiдна висота проби дорiвнює  $H$ » [69].

Протягом певного часу вiдбувалася пенетрацiя тiла занурення в м'якушку хлiба, пiсля чого систему занурення загальмовували. Висота проби у мiсцi його деформацiї зменшувалася і за  $\tau_1$  досягала величини  $\Delta H_1$ , що виражається в одиницях пенетрацiї.

Після запису величини  $\Delta H_1$  знімний вантаж знімали, система занурення розгальмовувалася на час з  $\tau_1$  по  $\tau_2$ . Оскільки величина  $G_2$  менше  $G_1$ , то до моменту  $\tau_2$  проба м'якушки в результаті пружної деформації частково відновлювала в місці деформації свою висоту, яка досягала  $\Delta H_2$ . У момент  $\tau_2$  система занурення пенетрометра загальмовувалась і за шкалою приладу фіксувала величину  $\Delta H_2$ , яка менша за  $\Delta H_1$ .

«Різницю цих величин можна виразити як  $\Delta H_3$ .  $\Delta H_1$  – є показником загальної деформації стиску м'якушки,  $\Delta H_2$  характеризує залишкову деформацію м'якушки або його пластичність,  $\Delta H_3 = (\Delta H_1 - \Delta H_2)$  обумовлена пружністю м'якушки. Виходячи з цього, доцільно  $\Delta H_1$  виражати як  $\Delta H_{\text{заг}}$ ,  $\Delta H_2$  – як  $\Delta H_{\text{пл}}$ ,  $\Delta H_3$  – як  $\Delta H_{\text{пр}}$  » [69].

Висновки по розділу.

В розділі описано використану основну сировину. Для визначення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна вищого ґатунку проводили пробну випічку з приготуванням тіста безопарним способом.

Пшеничне борошно, що використовується в роботі, аналізували за органолептичними показниками, вологістю, кислотністю, визначали кількість і якість сирої клейковини.

Для визначення якості хліба проводили органолептичну та фізико-хімічну оцінку. Фізико-хімічний аналіз включав оцінку якості за показниками: вологість м'якушки, титрована кислотність м'якушки, пористість м'якушки, питомий об'єм та формостійкість хліба.

Для визначення реологічних властивостей м'якушки хліба на автоматизованих пенетрометрах АП-4/1 та АП-4/2 визначали показники пружності та пластичності м'якушки хліба.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Хлібобулочні вироби займають в раціоні харчування людини важливе місце і можуть служити базисом для створення харчового продукту, за допомогою якого можна знизити негативний вплив екологічного середовища і скоригувати раціон харчування людини.

«Хітозан – натуральний продукт переробки хітину, який одержують із сировини, що містить панцир ракоподібних. Хітозан розчиняється тільки в кислому середовищі, перетворюючись на гель, внаслідок чого він набуває високої сорбційної здатності» [62]. Механізм дії найбільш активної, розчинної частини, хітозану прийому внутрішньо полягає в тому, що під впливом травних ферментів він розщеплюється і всмоктується у вигляді низькомолекулярних сполук.

Інша частина хітозану, не розщеплена ферментами, діє в шлунково-кишковому тракті як сорбент ворсинчастого апарату тонкого кишечника.

«Гелієві форми хітозану можна застосовувати в лікуванні хворих із запальними процесами в черевній порожнині з метою системної детоксикації крові, попередження спайкового процесу в черевній порожнині в післяопераційному періоді, при виразкових хворобах» [20, 42, 64].

Хітозан має низку інших позитивних якостей - виступає сорбентом по відношенню до важких металів, радіонуклідів, токсинів, благотворно впливає на стан слизової оболонки шлунка хворих на гастрит, з підвищеною кислотністю, на бактеріальну флору шлунково-кишкового тракту, зменшуючи процеси бродіння в кишечнику, оберігає організм від шлунково-кишкових інфекцій, внаслідок чого загальмовує процес старіння. «Хітозан підвищує імунітет, сприяє швидкому оздоровленню організму людини» [12, 44, 61].

З метою профілактики низки захворювань доцільно вводити біологічно активні добавки на основі хітозану в хлібобулочні вироби, оскільки вони щодня входять до раціону харчування. Розробка нових хлібобулочних виробів із застосуванням добавок, що містять хітозан, дозволить розширити асортимент хлібобулочних виробів профілактичного призначення.

### 3.1 Вплив добавки хітозану на хлібопекарські властивості пшеничного борошна

Для визначення впливу «Хітозан» та «Хітозан+» на технологічні процеси виробництва хлібобулочних виробів вивчали хлібопекарські властивості пшеничного борошна із застосуванням добавок, що містять хітозан.

Хлібопекарські властивості пшеничного борошна вищого ґатунку визначали за якістю клейковини. Хітозанвмісні добавки вносили у кількості від 0,5% до 2,0% до маси борошна.

У роботі використовували дві проби борошна:

- проба 1, що відноситься до I групи якості клейковини та характеризується як хороша;
- проба 2, що відноситься до II групи якості клейковини і характеризується як задовільно слабка.

На рис. 3.1 представлені результати дослідження впливу добавок на якість клейковини борошна пшеничного проби №1.

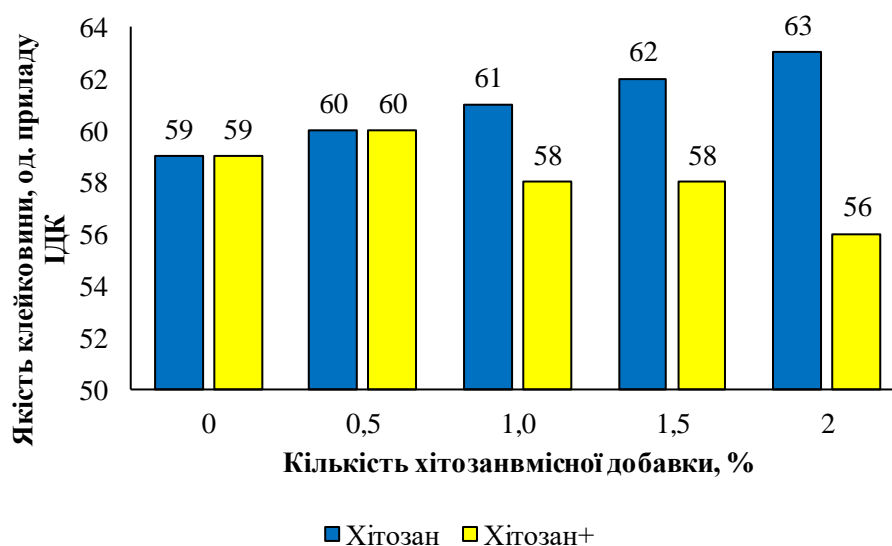


Рисунок 3.1 – Вплив хітозанвмісних добавок на якість клейковини пшеничного борошна (проба №1)

Досліди показали, що внесення добавок, що містять хітозан (проба борошна №1) несуттєво змінює якість клейковини (на 3-4 од. приладу ІДК). Однак дія їх неоднакова – при додаванні «Хітозан» спостерігається тенденція до зниження показника пружних властивостей клейковини, а додавання «Хітозан+» призводить до зміцнення властивостей клейковини, мабуть, внаслідок вмісту в останньому морської капусти та лимонної кислоти.

Результати визначення властивостей клейковини представлені у табл. 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Вплив добавки «Хітозан» на якість борошна пшеничного та властивості клейковини

Показник	Контроль без добавок	З додаванням «Хітозану», % до маси борошна			
		0,5	1,0	1,5	2,0
<b>Проба борошна №1</b>					
Кількість клейковини, %	31,3	31,3	31,8	32,0	32,2
Розтяжність клейковини, см	19	18	17	15	14
Вологість клейковини, %	64	64	63,5	63	63,2
Гідратаційна здатність, %	177	177	175	175	170
Якість клейковини, од. ІДК	59	60	61	62	63
Група	I	I	I	I	I
<b>Проба борошна №2</b>					
Кількість клейковини, %	26,9	30,0	31,5	31,7	31,8
Розтяжність клейковини, см	19	17	16	15	13,5
Вологість клейковини, %	66	66	65,5	64,5	64,5
Гідратаційна здатність, %	180	180	178	178	177
Якість клейковини, од. ІДК	96	95	93	92	90
Група	II	II	II	II	II



Таблиця 3.2 – Вплив добавки «Хітозан+» на якість борошна пшеничного та властивості клейковини

Показник	Контроль без добавок	З додаванням «Хітозану+», % до маси борошна			
		0,5	1,0	1,5	2,0
Проба борошна №1					
Кількість клейковини, %	31,3	31,3	31,8	32,1	32,2
Розтяжність клейковини, см	19	17	16	16	15
Вологість клейковини, %	64	64	63	63	62
Гідратаційна здатність, %	177	177	173	174	174
Якість клейковини, од. ІДК	59	60	58	58	56
Група	I	I	I	I	I
Проба борошна №2					
Кількість клейковини, %	26,9	30,0	30,5	30,8	30,9
Розтяжність клейковини, см	19	17	16	15	14
Вологість клейковини, %	66	66	65	65	64
Гідратаційна здатність, %	180	180	178	178	179
Якість клейковини, од. ІДК	96	95	92	92	90
Група	II	II	II	II	II

При використанні проби борошна №1 зі збільшенням кількості добавки спостерігається зменшення розтяжності клейковини – у контролі 19 см, при додаванні «Хітозан» у кількості 2% – 14 см, при додаванні «Хітозан+» у кількості 2% – 15 см. При застосуванні проби борошна №2 також спостерігається зменшення розтяжності клейковини – при додаванні «Хітозан» у кількості 2% – 13,5 см, при додаванні «Хітозан+» у кількості 2% – 14 см.

На розтяжність клейковини двох проб можливо впливає здатність хітозану, основного компонента добавок, сорбувати воду, білки, ліпіди та інші компоненти, що змінило її склад, а, отже, і властивості.

Встановлено, що додавання хітозанвмісних добавок у кількості від 0,5% до 2,0% до маси борошна суттєво не змінювало якість клейковини і відповідало групі якості клейковини контрольної проби.

### 3.2 Вплив добавки хітозану на властивості тіста з пшеничного борошна

Для визначення технологічної ролі хітозанвмісних добавок «Хітозан» і «Хітозан+», що вносяться в кількості 0,5%; 1,0%; 1,5% та 2,0% до маси борошна, проводили пробні випічки хліба з приготуванням тіста безопарним способом.

Для визначення кислотності тіста з внесенням добавок, що містять хітозан, «Хітозан» і «Хітозан+» в сухому вигляді, тісто після замісу поміщали в термостат на бродіння протягом 150 хвилин. Через кожні 30 хвилин вимірювали кислотність тіста. Показники кислотності тіста наведені на рис. 3.2 та 3.3.

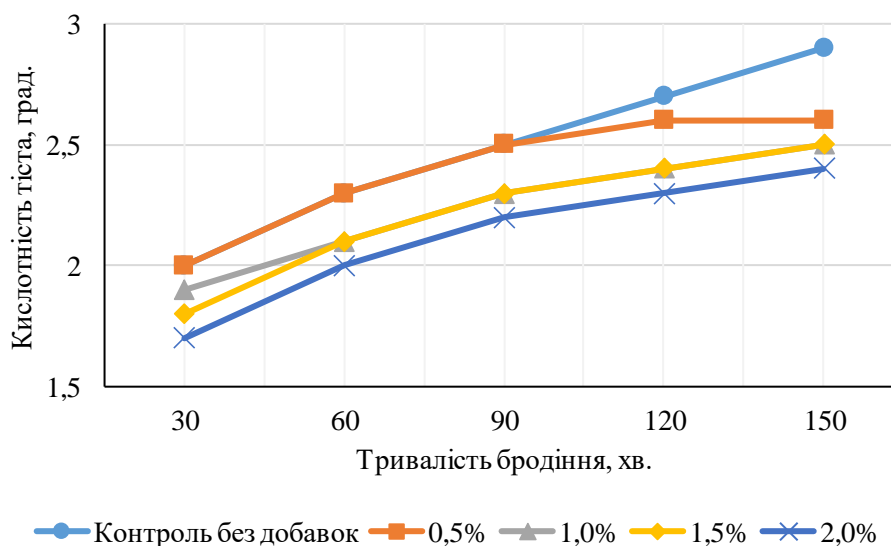


Рисунок 3.2 – Зміна кислотності тіста з додаванням "Хітозан"

Встановлено, що зі збільшенням кількості «Хітана» кислотність тіста знижується порівняно з контрольною пробою тіста. Кислотність знижується від 2,9 град до 2,4 град, мабуть, за рахунок взаємодії хітозану з кислотами, що утворюються у процесі бродіння тіста.

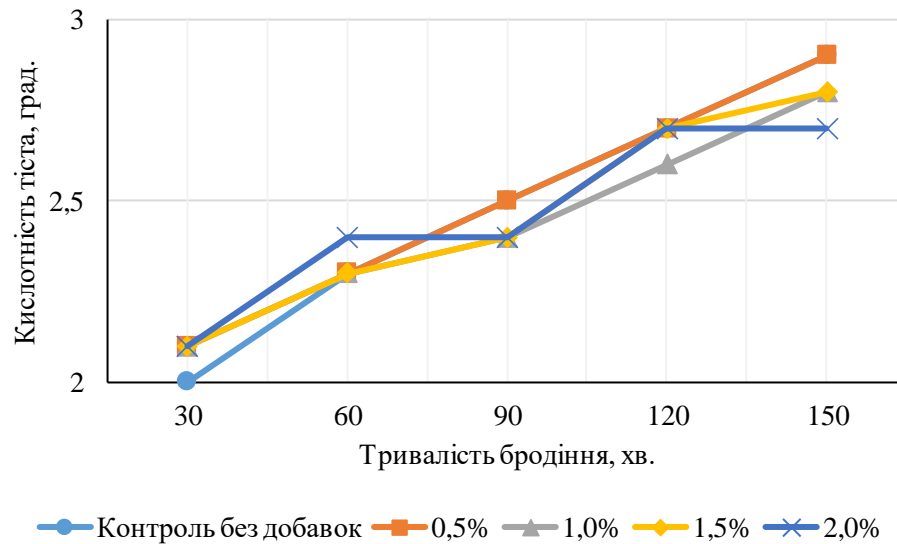


Рисунок 3.3 – Зміна кислотності тіста з додаванням «Хітозан+»

Виходячи з даних на рис. 3.3 видно, що зі збільшенням кількості «Хітозан+» кислотність тіста практично не змінюється порівняно з контролем. На початкових етапах кислотність залишається незмінною (2,0 град), незалежно від наявності добавок. На 60–120 хв кислотність зростає рівномірно як у контрольному зразку, так і у зразках із добавками. Максимальна кислотність досягається на 150-й хвилині, однак у зразках із 1,5–2,0% «Хітозан+» спостерігається тенденція до зниження показника (2,7 град) порівняно з контрольним (2,9 град). Це свідчить про можливий вплив добавки на метаболізм мікроорганізмів, що може бути використано для регулювання кислотності тіста залежно від технологічних потреб.

Вологість тіста із застосуванням добавок «Хітозан» та «Хітозан+», внесеними у сухому вигляді, визначали на приладі ПШВІ-1.

Вплив біологічно активної добавки «Хітозан», внесеної з сухому вигляді, на вологість тіста наведено в табл. 3.3.

Аналіз отриманих даних показує, що внесення «Хітозану» та «Хітозану+» знижує вологість тіста порівняно з контролем без добавок. Зокрема, при додаванні «Хітозану» спостерігається поступове зменшення вологості з 44,4% (контроль) до 44,0% при максимальній дозі 2,0%.

Таблиця 3.3 – Зміна вологості тіста при внесенні хітозанвмісних добавок

Вологість тіста, %, при внесенні хітозанвмісної добавки	Контроль без добавок	З додаванням «Хітозану+», % до маси борошна			
		0,5	1,0	1,5	2,0
«Хітозан»	44,4	44,2	44,2	44,0	44,0
«Хітозан+»	44,4	43,5	43,3	43,2	43,2

У випадку використання «Хітозану+» зниження вологості є більш вираженим: від 44,4% до 43,2%. Це свідчить про те, що добавки впливають на водозв'язувальні властивості тіста, причому «Хітозан+» демонструє більш значний ефект. Отримані результати можуть бути корисними для оптимізації рецептур, де потрібен контроль за вологістю тіста.

В цілому, спостерігається зниження вологості тіста з добавками, що містять хітозан, в порівнянні з контролем. Зниження показника вологості тіста з добавками, що містять хітозан, можна пояснити високою водопоглинальною здатністю хітозану, що представляє основу добавки.

### 3.3 Вплив добавки хітозану на органолептичні та фізико-хімічні властивості хлібу

Першим етапом було проведено вивчення залежності питомого об'єму хліба з хітозанвмісними добавками від кількості внесеної води та добавок.

Емпірично було встановлено, що зі збільшенням розрахункової кількості води, необхідної на заміс тіста, воно набувало більш пластичних властивостей і спостерігалось збільшення питомого об'єму хліба.

Для визначення оптимальної кількості води, необхідного на заміс тіста з добавками, з метою досягнення максимального питомого об'єму, проведена математична обробка отриманих результатів, що дозволила отримати регресивні рівняння, що описують залежність показника питомого об'єму хліба з

хітозанвмісними добавками від кількості води, що вноситься з збільшенням від 2% до маси розрахункової кількості.

На рис. 3.4 та 3.5 представлені залежності показника питомого об'єму від кількості додатково внесеної води, отримані за допомогою математичної обробки і в результаті досліджень.

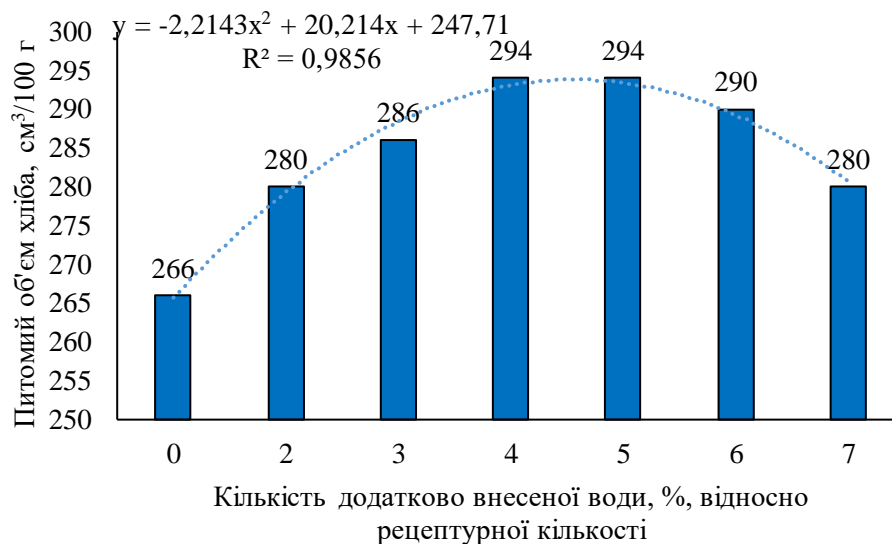


Рисунок 3.4 – Залежність питомого об'єму хлібу з внесенням добавки «Хітозан» від кількості додатково внесеної води

Аналізуючи графік, видно, що питомий об'єм хліба залежить від кількості додатково внесеної води у тісто, вираженої у відсотках відносно рецептурної кількості. У міру збільшення вмісту води питомий об'єм хліба поступово зростає, досягаючи максимального значення 294 см³/100 г при внесенні 5% додаткової води. Це свідчить про покращення умов бродіння та розпушення тіста за оптимального зволоження. Подальше збільшення кількості води (6% і 7%) призводить до зменшення об'єму, що може бути пов'язано із погіршенням структури тіста через надмірне розрідження.

Отримані дані демонструють наявність оптимальної точки, після якої додавання води негативно впливає на якість хліба. Поліноміальна залежність ( $R^2 = 0,9856$ ) свідчить про високий ступінь кореляції між рівнем додаткової води та об'ємом хліба. Це дозволяє використовувати отримані результати для розробки

рецептур, які забезпечують максимальний об'єм і кращу якість кінцевого продукту, зважаючи на технологічні параметри виробництва.

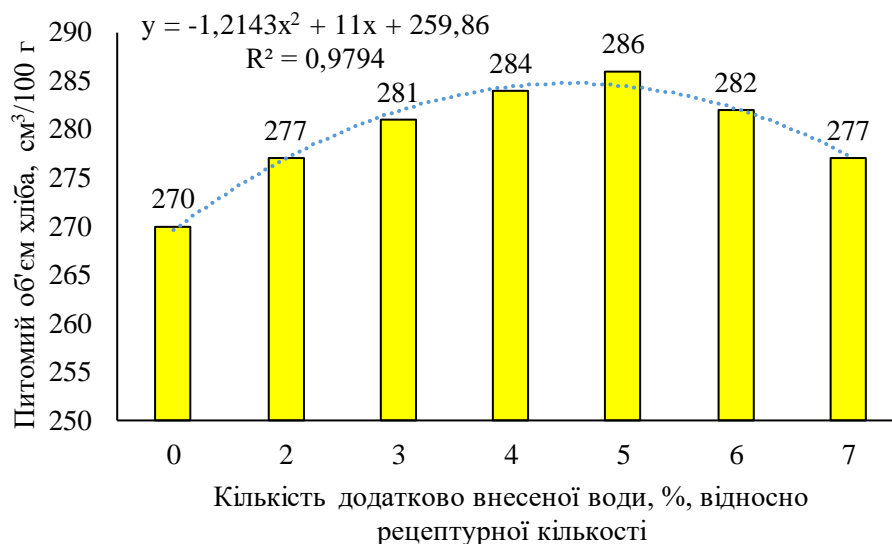


Рисунок 3.5 – Залежність питомого об'єму хлібу з внесенням добавки «Хітозан+» від кількості додатково внесеної води

Аналізуючи другий графік, спостерігається схожа залежність питомого об'єму хліба від кількості додатково внесеної води. Питомий об'єм поступово зростає з 270 см³/100 г (при 0% води) до максимуму 286 см³/100 г при внесенні 5% води, що вказує на оптимальний рівень гідратації тіста для досягнення найкращих структурних і технологічних властивостей. Після цієї точки, при збільшенні води до 6% і 7%, питомий об'єм зменшується, що може свідчити про надлишкове розрідження тіста та втрату газотримувальної здатності.

Отримана залежність ( $R^2 = 0,9794$ ) підтверджує високий рівень відповідності між внесенням води та об'ємом хліба. Це дозволяє зробити висновок, що внесення додаткової кількості води має бути чітко регламентованим для збереження технологічних властивостей тіста та отримання хліба із найвищим об'ємом. Результати дослідження є важливими для оптимізації рецептур і розробки нових технологій виробництва хлібобулочних виробів.

В цілому, при збільшенні кількості води до 5% від розрахункового змісту досягнуто збільшення максимального питомого об'єму хліба і склало: з добавкою

«Хітозан» на 10,9%, з «Хітозан+» на 5,9% порівняно з контрольними пробами хліба. Окрім цього, добавка «Хітозан» забезпечує ширший діапазон стабільності об'єму після досягнення піку, тоді як при додаванні «Хітозан+» спостерігається дещо швидше зниження показників при перевищенні оптимальної кількості води. Це свідчить про те, що перша добавка краще адаптована до варіативності технологічних умов і забезпечує більш стабільні результати. Отже, «Хітозан» є більш ефективною для досягнення максимального питомого об'єму хліба і може бути рекомендована для оптимізації рецептури.

Якість хліба з борошна пшеничного вищого ґатунку з додаванням хітозанвмісних добавок у сухому вигляді здійснювали відповідно до ДСТУ. Хітозанвмісні добавки «Хітозан» та «Хітозан+» вносили у кількості 0,5%; 1,0%; 1,5% та 2,0% до маси борошна.

Через 16 годин після випікання проводили аналіз, згідно з методами, поданими в розділі 2. Вплив біологічно активної добавки «Хітозан» на якість готових виробів наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники якості хліба з «Хітозаном»

Показник	Контроль без добавок	З додаванням «Хітозану», % до маси борошна			
		0,5	1,0	1,5	2,0
Фізико-хімічні показники					
Вологість м'якушки, %	43,4	43,4	43,3	43,3	43,2
Кислотність м'якушки, град	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2
Пористість м'якушки, %	69,0	69,0	70,0	69,0	68,0
Питомий об'єм хліба, см <sup>3</sup> /100 г	297	296	296	296	295
Органолептичні показники					
Зовнішній вигляд: форма	Для формового хліба відповідає формі, в якій проводилася випічка. Для подового хліба – не розпливчаста, без притисків.				

Продовження табл. 3.4

Показник	Контроль без добавок	З додаванням «Хітозану», % до маси борошна			
		0,5	1,0	1,5	2,0
поверхня кірки	Гладка, без тріщин і підривів				
колір кірки	Світло- коричнева	Золотисто-жовтий колір з дрібними помаранчевими вкрапленнями			
Стан та колір м'якшю	Пропечений, еластичний, не липкий на дотик, світлий				
Проміс	Без грудочок та слідів непромісу				
Пористість	Середня рівномірна, тонкостінна, без порожнеч та уцільнень	Дрібнопориста, рівномірна, тонкостінна, без порожнеч і уцільнень			
Смак та запах	Без сторонніх присмаків, властивий даному виду виробу, без стороннього запаху та присмаку				
Хрускіт	Відсутня				
Комкуваність при розжовуванні	Відсутня				
Крихітість	Не крихкий				

Введення добавки «Хітозан» у тісто не мало істотного впливу на органолептичні показники якості хліба. Вкраплення помаранчевого кольору на поверхні кірки викликані, мабуть, активним перебігом реакції меланоїдиноутворення. Зі збільшенням кількості добавки "Хітозан" до 2% до маси борошна зменшується кислотність хліба на 0,2 град.

Вплив добавки «Хітозан+» на якість готових виробів наведено у табл. 3.5.



Таблиця 3.5 – Показники якості хліба з «Хітозаном+»

Показник	Контроль без добавок	З додаванням «Хітозану+», % до маси борошна			
		0,5	1,0	1,5	2,0
Фізико-хімічні показники					
Вологість м'якушки, %	43,4	43,3	43,1	43,0	43,0
Кислотність м'якушки, град	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2
Пористість м'якушки, %	69,0	71,0	71,0	70,0	70,0
Питомий об'єм хліба, см <sup>3</sup> /100 г	297	296	292	292	290
Органолептичні показники					
Зовнішній вигляд: форма	Для формового хліба відповідає формі, в якій проводилася випічка. Для подового хліба – не розпливчаста, без притисків.				
поверхня кірки	Гладка, без тріщин і підривів				
колір кірки	Світло-коричнева	Світло-коричневий колір з дрібними помаранчевими вкрапленнями			
Стан та колір м'якішу	Пропечений, еластичний, не липкий на дотик	Пропечений, еластичний, не липкий на дотик, сірий з темними вкрапленнями			
Проміс	Рівномірний				
Пористість	Середня рівномірна, тонкостінна, без порожнеч та ущільнень	Пори дрібні та середні, розподілені досить рівномірно, тонкостінна, без порожнеч та ущільнень			
Смак	Без стороннього, властивий хлібу				
Хрускіт	Відсутня				

Продовження табл. 3.5

Показник	Контроль без добавок	З додаванням «Хітозану+», % до маси борошна			
		0,5	1,0	1,5	2,0
Комкуваність при розжовуванні	Відсутня				
Крихітість	Не крихкий				

Введення добавки «Хітозан+» у тісто не чинило істотного впливу на органолептичні показники якості хліба, зміна кольору м'якушки хліба з добавкою викликана, скоріше за все, наявністю ламінарії (морської капусти). Темно-жовтогарячі вкраплення на поверхні кірки викликані, скоріше за все, активним перебігом реакції меланоїдиноутворення. Зі збільшенням кількості добавки «Хітозан+» до 2% до маси борошна зменшується кислотність хліба на 0,2 град.

Наступним етапом досліджували вплив хітозанвмісних добавок на реологічні властивості м'якушки пшеничного хліба за допомогою «Пенетрометра АП-4/1», відповідно до методу, наведеного в розділі 2. Приготування пшеничного хліба здійснювали безопарним способом. Хітозанвмісні добавки вносили при замісі тіста в кількості 2% до маси борошна.

При визначенні показників  $\Delta N_{\text{заг}}$  та  $\Delta N_{\text{пл}}$  визначали середні величини з 10 вимірів у пробах хліба, знаходили середню величину  $\Delta N_{\text{пр}}$ . Дані величини виражали в одиницях приладів пенетрометра. Результати представлені у табл.3.6.

Таблиця 3.6 – Вплив хітозанвмісних добавок на реологічні властивості м'якушки хліба

Показник	Контроль	«Хітозан» 2,0% до маси борошна	«Хітозан+» 2,0% до маси борошна
$\Delta N_{\text{заг}}$	159,2	130,0	133,7
$\Delta N_{\text{пл}}$	138,0	115,0	115,2
$\Delta N_{\text{пр}}$	21,2	15,0	18,5

Використання добавок «Хітозан» та «Хітозан+» у кількості 2,0% до маси борошна сприяє зниженню загальної деформації м'якушки ( $\Delta N_{\text{заг}}$ ) порівняно з контролем, що свідчить про підвищення структурної стабільності виробів.

Зменшення показника пластичності м'якушки ( $\Delta N_{\text{пл}}$ ) при внесенні «Хітозан» та «Хітозан+» демонструє, що ці добавки сприяють покращенню механічної стійкості хлібного м'якушки, особливо в умовах тривалого зберігання.

Додавання «Хітозан+» забезпечує покращення показника пружності м'якушки ( $\Delta N_{\text{пр}}$ ) у порівнянні з «Хітозан», що вказує на його більшу ефективність у формуванні еластичної структури м'якушки.

Загалом, добавка «Хітозан+» показує кращі результати щодо збалансованого поєднання пластичності та пружності м'якушки, що робить її більш перспективною для поліпшення текстурних властивостей хлібобулочних виробів.

В продовження дослідження реологічних властивостей хліба з хітозанвмісними добавками було визначено відносну пластичність та відносну пружність м'якушки хліба. Результати наведені на рис. 3.6.

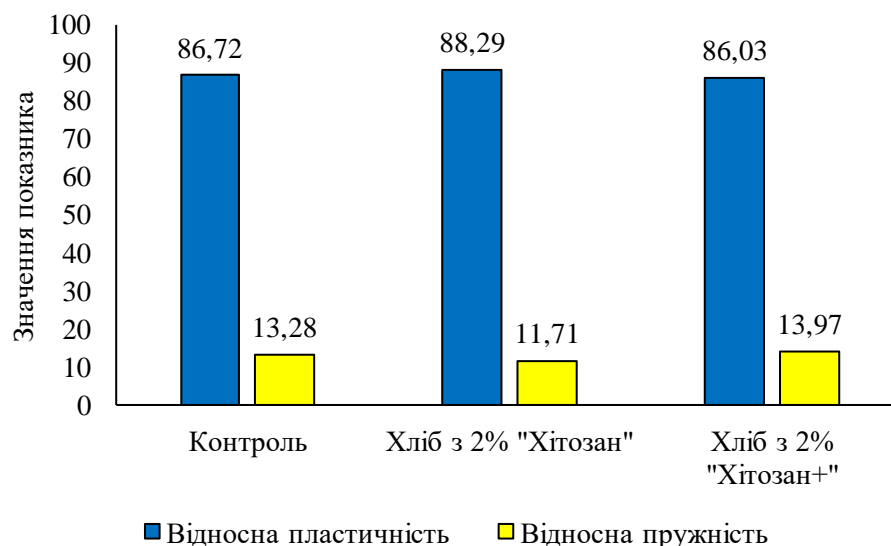


Рисунок 3.6 – Відносна пластичність та відносна пружність м'якушки хліба

На рис. 3.6 видно, що відносна пластичність м'якуші хліба з «Хітозан» вище порівняно з контрольною пробою і хлібом з додаванням «Хітозан+». При цьому м'якуш хліба з «Хітозан+» був більш пружним, ніж хліб без добавок. Значення всіх

реологічних показників входять у межі мінімального і максимального значень, що свідчить про те, що хліб з добавками, що містять хітозан, має близькі показники пластичних і пружних властивостей м'якшину хліба з контрольними пробами.

Хітозанвмісні добавки «Хітозан» і «Хітозан+» не суттєво впливають на реологічні властивості м'якшину хліба з пшеничного борошна вищого ґатунку. Значення всіх реологічних показників входили в межі мінімального і максимального значень, що свідчать про те, що хліб з добавками, що містять хітозан, мав близькі до контрольних проб показники пластичних і пружних властивостей м'якшину стандартного хліба.

Висновки по розділу.

Встановлено, що внесення добавок, що містять хітозан для борошна вищого ґатунку несуттєво змінює якість клейковини (на 3-4 од. приладу ІДК). Однак дія їх неоднакова – при додаванні «Хітозан» спостерігається тенденція до зниження показника пружних властивостей клейковини, а додавання «Хітозан+» призводить до зміцнення властивостей клейковини, мабуть, внаслідок вмісту в останньому морської капусти та лимонної кислоти.

Встановлено, що додавання хітозанвмісних добавок у кількості від 0,5% до 2,0% до маси борошна суттєво не змінювало якість клейковини і відповідало групі якості клейковини контрольної проби.

Встановлено, що зі збільшенням кількості «Хітана» кислотність тіста знижується порівняно з контрольною пробою тіста. Кислотність знижується від 2,9 град до 2,4 град, мабуть, за рахунок взаємодії хітозану з кислотами, що утворюються у процесі бродіння тіста.

Максимальна кислотність досягається на 150-й хвилині, однак у зразках із 1,5–2,0% «Хітозан+» спостерігається тенденція до зниження показника (2,7 град) порівняно з контрольним (2,9 град). Це свідчить про можливий вплив добавки на метаболізм мікроорганізмів, що може бути використано для регулювання кислотності тіста залежно від технологічних потреб.

Аналіз отриманих даних показує, що внесення «Хітозану» та «Хітозану+» знижує вологість тіста порівняно з контролем без добавок. Зокрема, при додаванні «Хітозану» спостерігається поступове зменшення вологості з 44,4% (контроль) до 44,0% при максимальній дозі 2,0%.

У випадку використання «Хітозану+» зниження вологості є більш вираженим: від 44,4% до 43,2%. Це свідчить про те, що добавки впливають на водозв'язувальні властивості тіста, причому «Хітозан+» демонструє більш значний ефект. Отримані результати можуть бути корисними для оптимізації рецептур, де потрібен контроль за вологістю тіста.

В цілому, при збільшенні кількості води до 5% від розрахункового змісту досягнуто збільшення максимального питомого об'єму хліба і склало: з добавкою «Хітозан» на 10,9%, з «Хітозан+» на 5,9% порівняно з контрольними пробами хліба. Окрім цього, добавка «Хітозан» забезпечує ширший діапазон стабільності об'єму після досягнення піку, тоді як при додаванні «Хітозан+» спостерігається дещо швидше зниження показників при перевищенні оптимальної кількості води. Отже, «Хітозан» є більш ефективною для досягнення максимального питомого об'єму хліба і може бути рекомендована для оптимізації рецептури.

Введення добавок «Хітозан» та «Хітозан+» у тісто не мало істотного впливу на органолептичні показники якості хліба. Зафіксовано, що зі збільшенням кількості обох добавок до 2% до маси борошна зменшується кислотність хліба на 0,2 град.

Хітозанвмісні добавки «Хітозан» і «Хітозан+» не суттєво впливають на реологічні властивості м'якушки хліба з пшеничного борошна вищого ґатунку. Значення всіх реологічних показників входили в межі мінімального і максимального значень, що свідчать про те, що хліб з добавками, що містять хітозан, мав близькі до контрольних проб показники пластичних і пружних властивостей м'якушки стандартного хліба.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Опис дії системи охорони праці на підприємстві з виробництва хліба

Дотримання вимог з охорони праці на підприємстві регулюється Законами України «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку», а також Правилами техніки безпеки і виробничої санітарії для хлібопекарських підприємств та Санітарними нормами для підприємств хлібопекарської галузі.

Технологічне обладнання та процеси виробництва хлібобулочних виробів мають відповідати вимогам ДСТУ 2583-94. «На основі цих нормативних документів на підприємстві розробляються і затверджуються інструкції з техніки безпеки для всіх виробничих підрозділів відповідно до чинного законодавства» [71].

«Працівники підприємства, які обслуговують складне обладнання, посудини під тиском або електроустановки, допускаються до виконання робіт лише після проходження спеціального навчання та складання іспитів перед кваліфікаційною комісією» [72]. Для забезпечення безпечних умов праці виробничі приміщення підприємства мають необхідну площу, відповідну висоту, належний рівень освітлення та вентиляції, а також «огорожені поручнями сходишки, майданчики та драбини» [73].

«Фінансування заходів з охорони праці, відповідно до Закону України «Про охорону праці», здійснюється у розмірі 0,5% від фонду оплати праці» [71]. Ці кошти підприємство спрямовує виключно на реалізацію комплексних заходів, які забезпечують дотримання встановлених нормативів та підвищення рівня безпеки праці на підприємстві.

Відповідальність за безпечну експлуатацію обладнання покладається на керівника цеху, тоді як нагляд і контроль за дотриманням правил безпеки здійснюють інженери з охорони праці.

«При прийомі працівників на роботу проводиться вступний інструктаж інженером з охорони праці, а після цього – первинний інструктаж на робочому місці під керівництвом безпосереднього начальника» [71].

«Повторний інструктаж проводять не рідше ніж раз на шість місяців, а також у випадках змін технологічних процесів, заміни обладнання чи порушення нормативних вимог» [73]. Крім того, працівникам забезпечується безкоштовний робочий одяг.

Операції на складах з сипкими матеріалами, як борошно, часто супроводжуються викидом борошна в повітря та накопиченням статичної електрики на обладнанні. «Для запобігання таким явищам впроваджують спеціальні технічні заходи» [73]. Борошно транспортується борошновозами до складу наливу, після чого вивантажується в бункери за допомогою з'єднувальних шлангів. У процесі розвантаження труби обов'язково підключають до системи заземлення, щоб уникнути накопичення статичної електрики. «Для додаткового захисту на завантажувальному отворі бункера встановлюють конус, який з'єднаний із заземлюючою системою, що забезпечує розрядження електрики під час подачі борошна» [71].

У повітрі складських приміщень та зон просіювання борошна нерідко зустрічається завислий пил, який осідає на обладнанні та конструкціях. Джерелом пилу є витoki з технологічних пристроїв, таких як ваги, шнекові й ковшові конвеєри, та рукавні фільтри. «Для безпечної експлуатації тістомісильні агрегати встановлюють на платформах зі сходами та поручнями висотою 1 метр» [72].

«Випікання хліба відбувається в камерних і стрічкових печах, обладнаних теплоізоляцією, що запобігає перегріву зовнішніх поверхонь до понад 45°C. Для мінімізації впливу пилу пекарні розташовують окремо від зон замішування тіста та пакування продукції» [71].

Борошняний пил представляє небезпеку через можливість утворення вибухонебезпечних суспензій, що є серйозним ризиком для безпеки. «Він також негативно впливає на здоров'я працівників, викликаючи захворювання органів дихання, шкіри та слизових оболонок очей, такі як бронхіальна астма чи риніт»

[73]. Тому ефективний контроль запиленості повітря є критично важливим для забезпечення безпечних умов праці.

«На підприємстві для освітлення виробничих приміщень використовуються як природне бічне освітлення через світлові отвори в зовнішніх стінах, так і штучне загальне освітлення, що забезпечує рівномірний розподіл світла по робочих поверхнях» [72]. Для цього застосовуються люмінесцентні лампи, що відповідають нормативним вимогам щодо освітленості робочих місць та приміщень.

Водночас у процесах виробництва використовуються електричні мережі, обладнання та інструменти, які можуть створювати електричні небезпеки для персоналу. «Для запобігання таким ризикам на підприємстві застосовуються спеціальні засоби і методи захисту, що відповідають вимогам чинних нормативних документів щодо охорони праці та безпеки» [71].

Оскільки певне обладнання на підприємстві викликає шум і вібрацію, застосовуються різні заходи для їх зменшення. Зокрема, підшипники ковзання замінюються на підшипники кочення, а гвинтові шестерні та шестерні типу «ялиця» – на прямозубі, що сприяє зниженню рівня шуму та вібрацій. Окрім цього, «регулярне обслуговування і своєчасний ремонт допомагають уникнути додаткового шуму, а гумові накладки на ніжках обладнання ефективно поглинають вібрації» [71].

«Для зниження шкідливого впливу шуму та вібрацій на працівників використовуються індивідуальні засоби захисту, такі як навушники та затички для вух, а також встановлюються оптимальні режими праці та відпочинку» [73]. Це дозволяє створити більш безпечні умови праці та зменшити ймовірність виникнення здоров'я проблем у персоналу.

Джерелами травм на підприємстві можуть бути конвеєрні стрічки та рухомі частини обертових машин. «Перед початком роботи необхідно переконатися, що обладнання в належному стані, і якщо є які-небудь несправності, працювати можна тільки після їх усунення» [72]. Частини обертового обладнання повинні бути надійно закриті кришками або гвинтовими кришками, а конвеєри ізольовані бар'єрами. «Категорично забороняється використовувати масло для очищення, а



також вимикати обладнання під час його налаштування. Працівники повинні носити захисний одяг, зокрема халати та шапочки» [72].

«Для забезпечення пожежної безпеки заборонено використання відкритого вогню у пожежонебезпечних зонах» [71, 73]. Також необхідно регулярно прибирати робочі місця та очищати обладнання від сировини, готової продукції, пилю та відходів, щоб запобігти накопиченню горючих матеріалів і забезпечити безпеку на виробництві.

#### 4.2 Розробка картки охорони праці

Охорона праці є важливою складовою частиною управління персоналом на хлібозаводі, спрямованою на збереження здоров'я та працездатності працівників відповідно до чинного законодавства України. «На підприємстві має функціонувати спеціальна служба охорони праці, яка забезпечує створення комфортних умов праці, зокрема, контроль за мікрокліматом робочих місць, правильним освітленням, а також зменшенням рівня шуму та вібрації під час виробничих процесів» [73].

Для покращення умов праці та зниження негативного впливу шуму на персонал планується модернізація обладнання, оскільки шум значною мірою зумовлений його роботою. Як перший крок у цьому напрямку, на ніжки обладнання були встановлені гумові накладки, що дозволило знизити рівень шуму та вібрації.

«Кожен працівник зобов'язаний виконувати свої обов'язки відповідно до встановленої класифікації, дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, а також виконувати вимоги охорони праці, що стосуються технічного обслуговування та заходів безпеки виробничого обладнання» [73]. Працівники повинні користуватися засобами індивідуального захисту, а також носити санітарний одяг, відповідно до вимог підприємства.

«Розробка картки охорони праці для працівників на хлібопекарському підприємстві є важливим кроком у забезпеченні безпеки та здоров'я персоналу» [71]. Розроблена картка (рис. 4.1) містить усі необхідні інструкції щодо безпечних

умов праці, організації робочих місць і заходів, спрямованих на запобігання травмам і професійним захворюванням.

<b>Загальні вимоги безпеки:</b>	
Працівники повинні бути проінструктовані щодо правил охорони праці, пройти медичний огляд та використовувати спеціальний одяг, засоби індивідуального захисту ( <b>рукавички, захисні маски, окуляри</b> ) відповідно до виконуваних робіт. Забороняється доступ до виробничого обладнання стороннім особам.	
<b>Вимоги до обладнання та його експлуатації:</b>	
Усі машини та механізми мають бути у <b>справному стані</b> . Рухомі частини обладнання повинні бути захищені кожухами чи екранами. Проведення технічного обслуговування допускається лише <b>при повному зупиненні обладнання</b> .	
<b>Пожежна безпека:</b>	
<b>Забороняється</b> використання відкритого вогню у виробничих приміщеннях. Усі працівники мають бути ознайомлені з правилами пожежної безпеки, місцями розташування вогнегасників та шляхами евакуації. Регулярно необхідно очищати приміщення від пилу та відходів, щоб уникнути їх займання.	
<b>Безпека при роботі з сировиною:</b>	
Необхідно дотримуватися гігієнічних норм під час роботи з борошном, дріжджами та іншими компонентами. Сировина повинна зберігатися у визначених місцях. Робота з сипучими матеріалами має виконуватися з використанням <b>індивідуальних засобів захисту органів дихання</b> .	
<b>Ергономіка та організація робочого місця:</b>	
Робочі місця повинні бути організовані відповідно до <b>вимог безпеки та ергономіки</b> . Висота робочих столів, обладнання та розташування інструментів повинні забезпечувати зручність роботи та знижувати ризик травматизму. <b>Обов'язковий періодичний інструктаж</b> працівників щодо оптимальних режимів праці та відпочинку.	
<b>Номери екстрених служб</b>	
<b>101</b> - Пожежно-рятувальна служба	<b>102</b> - Поліція
<b>103</b> - Швидка медична допомога	<b>104</b> - Аварійна служба газу

Рисунок 4.1 – Розроблена картка охорони праці для працівників хлібопекарного підприємства

Розроблена картка також визначає обов'язкові засоби індивідуального захисту, які повинні носити працівники під час виконання своїх обов'язків, зокрема

захисний одяг, рукавички та маски. У картці також зазначаються процедури дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій, таких як пожежа чи електричний струм.

«Окрім цього, важливо включити інструкції з технічного обслуговування обладнання, щоб уникнути його поломок і аварій, які можуть призвести до травм. Документ повинен також містити правила санітарії та гігієни на виробництві, зокрема вимоги до чистоти робочих місць і правильного зберігання сировини» [72].

Картка охорони праці є обов'язковою для всіх працівників і використовується як основний інструмент для навчання та інформування про безпеку на виробництві.

Висновки по розділу.

В розділі висвітлено ключові аспекти організації системи охорони праці на підприємстві з виробництва хліба та запропоновано розробку картки охорони праці для працівників. Встановлено, що система охорони праці на підприємстві функціонує відповідно до чинного законодавства, забезпечуючи безпечні умови праці, контроль технічного стану обладнання та дотримання гігієнічних норм на робочих місцях.

Розроблена картка охорони праці є важливим інструментом, який допомагає стандартизувати та персоналізувати вимоги до безпеки для кожного працівника. У ній передбачено ключові аспекти безпеки, відповідальності та правила використання засобів індивідуального захисту.

Запропоновані заходи сприяють підвищенню обізнаності персоналу щодо безпечної поведінки, зниженню рівня травматизму та ризику аварійних ситуацій.

Таким чином, комплексний підхід до організації охорони праці на підприємстві дозволяє забезпечити не лише виконання нормативних вимог, але й створення комфортних і безпечних умов праці для персоналу.

## 5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок витрат для проведення дослідження

«Витрати, пов'язані з проведенням дослідження, включають витрати на основні матеріали, споживання електроенергії, нарахування заробітної плати, амортизаційні відрахування та накладні витрати» [74].

Витрати на основні матеріали, використані для проведення дослідження, розраховуються за формулою (5.1):

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.1)$$

де  $m_i$  – кількість витраченого  $i$ -го матеріалу;

$C_i$  – ціна одиниці  $i$ -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витраченої кількості матеріалів, включно з їх вартістю наведено в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Витрачені матеріали та їх вартість

Матеріали, одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Борошно пшеничне в.г., кг	20	30,00	600,00
Дріжджі хлібопекарські пресовані, уп.	8	12,90	103,20
Сіль кухонна харчова, кг	1	18,50	18,50
Добавка «Хітозан», уп.	3	250,00	750,00
Добавка «Хітозан+», уп.	3	350,00	1050,00
Вода доочищена, л	10	2,00	20,00
Всього			2541,70

«Заробітна плата працівників, залучених до проведення дослідження, розраховується шляхом множення середньогодинного заробітку на обсяг відпрацьованого часу» [74]. Результати розрахунків наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати на заробітну плату працівників

Посада	Середньо-місячний заробіток, грн	Середньо-годинний заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	10000,00	70,00	10	1050,00
Всього				1050,00

Нарахування на заробітну плату здійснюються у розмірі 22% єдиного соціального внеску, що складає частку від загальної суми заробітної плати:

$$H = \frac{1050 \cdot 22}{100} = 231,00 \text{ грн.}$$

Оплата за витрачену електроенергію:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a , \quad (5.2)$$

де  $M$  – потужність електрообладнання, що використовувалося, кВт;

$K$  – коефіцієнт використання потужності, ( $K=0,9$ );

$T$  – час роботи обладнання, год;

$a$  – тариф за електроенергію (за 1 кВт), грн/(кВт/год.).

$$E_{\text{міст.ом.}} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 4,32 = 85,54 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{вист.ш.}} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 4,32 = 116,64 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{ел.ніч}} = 2,0 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 4,32 = 155,52 \text{ грн;}$$

$$E_{\text{ваг}} = 0,8 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 4,32 = 34,56 \text{ грн};$$

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{міст.ом.}} + E_{\text{вист.ш.}} + E_{\text{ел.ліч}} + E_{\text{ваг}} = 85,54 + 116,64 + 155,52 + 34,56 = 392,26 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на амортизацію обладнання є важливим етапом фінансового планування, який дозволяє визначити вартість зносу техніки та машин протягом їх експлуатаційного періоду. Це допомагає підприємству раціонально розподілити витрати на оновлення або ремонт обладнання, забезпечуючи безперервність виробничого процесу. Крім того, «правильний розрахунок амортизації сприяє формуванню об'єктивної собівартості продукції, що важливо для встановлення конкурентоспроможних цін. Витрати на амортизацію також враховуються під час розробки інвестиційних проектів і прогнозування бюджету, допомагаючи підприємству ефективно управляти своїми фінансовими ресурсами» [74].

Витрати на амортизацію обладнання, залученого до проведення досліджень, розраховуються за формулою (5.3):

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.3)$$

де  $A$  – амортизаційні відрахування, грн.

$\Phi$  – вартість обладнання, грн.;

$H$  – річна норма амортизації, %;

$t$  – тривалість проведення дослідження на даному обладнанні, (місяців, днів);

365 – кількість днів у році.

$$A_{\text{міст.ом.}} = \frac{6000 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 3,28 \text{ грн};$$

$$A_{\text{вист.ш.}} = \frac{8400 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 4,60 \text{ грн};$$

$$A_{\text{ел.ліч}} = \frac{4200 \cdot 20 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 2,30 \text{ грн};$$

$$A_{ваг} = \frac{5000 \cdot 12,5 \cdot 1}{100 \cdot 365} = 1,71 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведено в табл.5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Час роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Тістомісильна машина	6000	20	1	3,28
Шафа вистоювальна	8400	20	1	4,60
Піч електрична	4200	20	1	2,30
Ваги лабораторні	5000	12,5	1	1,71
Всього				11,89

Накладні витрати розраховуються як 80% від суми нарахованої заробітної плати працівників, що здійснювали дослідження:

$$NB = \frac{1050 \cdot 80}{100} = 840,00 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку всіх витрат на проведення наукового дипломного дослідження зводимо в табл.5.4.

Таблиця 5.4 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн
Основні матеріали	2541,70
Заробітна плата	1050,00
Нарахування на заробітну плату	231,00
Електроенергія	392,26
Амортизація	11,89
Накладні витрати	840,00
Всього	5066,85

Згідно з табл. 5.4, найбільша частка витрат у процесі проведення дослідження припадає на основні матеріали, що становлять 50,1% від загального обсягу витрат. Найменша частка витрат пов'язана з амортизацією обладнання, яка складає лише 0,2 % від загальної суми витрат.

## 5.2 Визначення ціни дослідження

Ціна дослідження визначається на основі витрат на них та рентабельності, згідно формули (5.4):

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.4)$$

де  $Ц$  – ціна дослідження, грн.;

$C$  – витрати на дослідження, грн.;

$P$  – нормативна рентабельність ( $P = 30\%$ ).

Таким чином:

$$Ц = 5066,85 + \frac{30 \cdot 5066,85}{100} = 6586,90 \text{ грн.}$$

Отже, вартість проведеного дослідження становить 6586,90 грн.

Висновки по розділу.

В розділі було розраховано витрати на проведення дослідження.

Встановлено, що найбільша частка витрат у процесі проведення дослідження припадає на основні матеріали, що становлять 50,1% від загального обсягу витрат. Найменша частка витрат пов'язана з амортизацією обладнання, яка складає лише 0,2 % від загальної суми витрат.

Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6586,90 грн.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Хітозан і його похідні знайшли широке застосування у харчовій промисловості завдяки своїм функціональним властивостям. Його використовують як загусник, стабілізатор, емульгатор, плівкоутворювач і вологоутримуючий компонент у виробництві різноманітних продуктів, включаючи молочні вироби, м'ясо та хлібобулочні продукти. Однак недостатня кількість досліджень щодо використання хітозану в технологіях хлібопечення створює перспективи для впровадження інноваційних підходів. Збагачення хлібобулочних виробів хітозаном може забезпечити їхні антиоксидантні та антимікробні властивості, покращити структуру й текстуру, а також розширити асортимент продукції профілактичного призначення.

Таким чином, аналіз літературних даних підтверджує значний потенціал хітозану як функціонального інгредієнта для збагачення хлібобулочних виробів із метою покращення їхніх властивостей та підвищення харчової цінності.

Встановлено, що внесення добавок, що містять хітозан для борошна вищого гатунку несуттєво змінює якість клейковини (на 3-4 од. приладу ІДК).

Встановлено, що додавання хітозанвмісних добавок у кількості від 0,5% до 2,0% до маси борошна суттєво не змінювало якість клейковини і відповідало групі якості клейковини контрольної проби.

Встановлено, що зі збільшенням кількості «Хітана» кислотність тіста знижується порівняно з контрольною пробою тіста. Кислотність знижується від 2,9 град до 2,4 град, мабуть, за рахунок взаємодії хітозану з кислотами, що утворюються у процесі бродіння тіста. Максимальна кислотність досягається на 150-й хвилині, однак у зразках із 1,5–2,0% «Хітозан+» спостерігається тенденція до зниження показника (2,7 град) порівняно з контрольним (2,9 град).

Аналіз отриманих даних показує, що внесення «Хітозану» та «Хітозану+» знижує вологість тіста порівняно з контролем без добавок. Зокрема, при додаванні «Хітозану» спостерігається поступове зменшення вологості з 44,4% (контроль) до

44,0% при максимальній дозі 2,0%. У випадку використання «Хітозану+» зниження вологості є більш вираженим: від 44,4% до 43,2%.

В цілому, при збільшенні кількості води до 5% від розрахункового змісту досягнуто збільшення максимального питомого об'єму хліба і склало: з добавкою «Хітозан» на 10,9%, з «Хітозан+» на 5,9% порівняно з контрольними пробами хліба. Отже, «Хітозан» є більш ефективною для досягнення максимального питомого об'єму хліба і може бути рекомендована для оптимізації рецептури.

Введення добавок «Хітозан» та «Хітозан+» у тісто не мало істотного впливу на органолептичні показники якості хліба. Зафіксовано, що зі збільшенням кількості обох добавок до 2% до маси борошна зменшується кислотність хліба на 0,2 град.

Хітозанвмісні добавки «Хітозан» і «Хітозан+» не суттєво впливають на реологічні властивості м'якушки хліба з пшеничного борошна вищого гатунку.

Встановлено, що система охорони праці на підприємстві функціонує відповідно до чинного законодавства, забезпечуючи безпечні умови праці, контроль технічного стану обладнання та дотримання гігієнічних норм на робочих місцях.

Розроблена картка охорони праці є важливим інструментом, який допомагає стандартизувати та персоналізувати вимоги до безпеки для кожного працівника. У ній передбачено ключові аспекти безпеки, відповідальності та правила використання засобів індивідуального захисту.

Встановлено, що найбільша частка витрат у процесі проведення дослідження припадає на основні матеріали, що становлять 50,1% від загального обсягу витрат. Найменша частка витрат пов'язана з амортизацією обладнання, яка складає лише 0,2 % від загальної суми витрат.

Загалом, з урахуванням 30% нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 6586,90 грн.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Гречко, В. В., Страшинський, І. М., & Пасічний, В. М. (2019). Харчові волокна як функціональний інгредієнт у м'ясних напівфабрикатах. *Технічні науки та технології*, (2 (16)), 154-164.
2. Калашнікова, М. (2011). Властивості харчових волокон, особливості використання. *Матеріали IV Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “*, 1, 351-351.
3. Костюк, К. (2005). Харчові волокна. *Матеріали VIII студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “*, 173-173.
4. Соломон, А. М. Роль харчових волокон у функціональному харчуванні. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія " Харчові технології"*. 2024. Т. 26. № 101. С. 77-83. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f10112>.
5. Касабова, К. Р., Самохвалова, О. В., & Олійник, С. Г. (2013). Характеристика нових джерел харчових волокон для збагачення борошняних кондитерських виробів. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 6(11 (66)), 8-13.
6. Фадєєнко, Г. Д., Ісаєва, Г. С., & Рєзнік, Л. А. (2016). Роль харчових волокон у профілактиці серцевосудинних захворювань. *Серце і судини*, (4), 104-109.
7. Галух, Б. І., Паска, М. З., & Драчук, У. Р. (2014). Дослідження стійкості майонезних емульсій виготовлених із використанням харчових волокон. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*, (16, № 3 (4)), 21-30.
8. Bazhay-Zhezherun S., Simakhina G., Bereza-Kindzerska L., Romanovska T. Use of lupine flour and cavbuz puree in bread technology. *Ukrainian FoodJournal*. 2022. Vol. 11, issue 4. P. 573-587.

9. Карпик, Г. В., & Сіржант, Н. Б. (2016). Харчові волокна фруктів та овочів. *Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*, 233-234.

10. Арсеньєва, Л. Ю. Теоретичні та практичні аспекти використання тонкодиспергованих концентратів харчових волокон у технології житньо-пшеничного хліба / Л. Ю. Арсеньєва, О. В. Борисенко, В. Ф. Доценко // Наукові праці НУХТ. - 2008. - № 25. - С. 115-119.

11. Tappu L. Effects of break fast cereals containing various amounts of beta-glucan fibres on plasma glucose and insulin responses in NIDDM subjects. *Diabetes Care*, 2006. 19. 831- 834.

12. Арсеньєва, Л. Ю. Дослідження складу полісахаридного комплексу концентратів харчових волокон рослинного походження / Л. Ю. Арсеньєва, О. В. Борисенко, В. Ф. Доценко, В. О. Губеня // Наука і соціальні проблеми суспільства: харчування, екологія, демографія: IV Міжнар. наук.-практ. конф. Харків, ХДУХТ, 23 – 24 травня 2006 р. – Харків: ХДУХТ, 2006.– Ч. 1.– С. 14 – 16.

13. Удворгелі, Л. Пектиновмісні порошки / Л.Удворгелі, В. Дробот // Харчова і переробна промисловість. – 2004. - № 1.- С. 22-23.

14. Страшинський, І. М., Маринін, А. І., & Ришканич, Р. О. (2020, May). Харчові волокна як оздоровчий компонент у складі м'ясних продуктів. In *The 18 th International scientific and practical conference «MODERN SCIENCE, PRACTICE, SOCIETY»(25-26 May 2020). Boston, USA 2020. 514 p.* (p. 446).

15. Lattimer J.M., Haub M.D. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health // *Nutrients*. 2010. V.2. P. 1266–1289. doi: 10.3390/nu2121266

16. Бородай, Д. В., & Бачинська, Я. О. (2013). Товарознавчі аспекти якості печива пісочного здобного підвищеної біологічної цінності з додаванням суміші харчових волокон. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*, (13, т. 7), 126-133.

17. Страшинський, І. М. Харчові волокна у технології м'ясопродуктів / І. М. Страшинський, Г. І. Гончаров, В. В. Крепак // Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції : програма та матеріали

четвертої Міжнародної науково-технічної конференції, 24–25 березня 2015 р. – Київ : НУХТ, 2015. – С. 64–65.

18. Бажай-Жежерун, С. Харчові волокна нетрадиційних видів зернової сировини / С. Бажай-Жежерун, К. Воропай // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 90-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 11–12 квітня 2024 р. – Київ : НУХТ, 2024. – Ч. 1. – С. 54.

19. W. Khalid, M. Sajid Arshad, Afifa Aziz, M. A. Rahim, T. B. Qaisrani, F. Afzal, A. Ali, M. M. Ali Nawaz Ranjha, M. Z. Khalid, F. M. Anjum. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): A therapeutic weapon in metabolic disorders. *Food Sci Nutr*. 2023 Jan; 11(1): 3–16.

20. Пастух, Г. С., & Мартинюк, А. С. 47. Одержання харчових волокон із вторинної сировини. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі*, 149.

21. Сімахіна, Г. О. Обґрунтування складу та спосіб отримання композиції харчових волокон різноспрямованої дії / Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко // Наукові праці НУХТ. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 243–250.

22. Бажай-Жежерун С. Зернова сировина – природне джерело харчових волокон / С. Бажай-Жежерун // Здорове харчування від дитинства до довголіття: комплексний підхід, стан та перспективи : збірник наукових матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ : НУХТ, 2023. – С. 14–16.

23. Koide, S. S. (1998). Chitin-chitosan: properties, benefits and risks. *Nutrition research*, 18(6), 1091-1101.

24. Ngo, D. H., & Kim, S. K. (2014). Antioxidant effects of chitin, chitosan, and their derivatives. *Advances in food and nutrition research*, 73, 15-31.

25. Zikakis, J. (Ed.). (2012). *Chitin, chitosan, and related enzymes*. Elsevier.

26. Knorr, D. (1982). Functional properties of chitin and chitosan. *Journal of Food Science*, 47(2), 593-595.

27. Aranaz, I., Mengíbar, M., Harris, R., Paños, I., Miralles, B., Acosta, N., ... & Heras, Á. (2009). Functional characterization of chitin and chitosan. *Current chemical biology*, 3(2), 203-230.

28. Kaczmarek, M. B., Struszczyk-Swita, K., Li, X., Szczęśna-Antczak, M., & Daroch, M. (2019). Enzymatic modifications of chitin, chitosan, and chitooligosaccharides. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 7, 243.
29. Hudson, S. M., & Jenkins, D. W. (2002). Chitin and chitosan. *Encyclopedia of polymer science and technology*, 1.
30. Winterowd, J. G., & Sandford, P. A. (1995). Chitin and chitosan. *Food science and technology-new york-marcel dekker-*, 441-441.
31. Singh, D. K., & Ray, A. R. (2000). Biomedical applications of chitin, chitosan, and their derivatives. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, 40(1), 69-83.
32. Shepherd, R., Reader, S., & Falshaw, A. (1997). Chitosan functional properties. *Glycoconjugate journal*, 14, 535-542.
33. Maleki, G., & Milani, J. M. (2020). Functional properties of chitin and chitosan-based polymer materials. *Handbook of Chitin and Chitosan*, 177-198.
34. Aranaz, I., Mengibar, M., Harris, R., Miralles, B., Acosta, N., Calderón, L., ... & Heras, Á. (2014). Role of physicochemical properties of chitin and chitosan on their functionality. *Current Chemical Biology*, 8(1), 27-42.
35. Lizardi-Mendoza, J., Monal, W. M. A., & Valencia, F. M. G. (2016). Chemical characteristics and functional properties of chitosan. In *Chitosan in the preservation of agricultural commodities* (pp. 3-31). Academic Press.
36. Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in polymer science*, 31(7), 603-632.
37. Jeon, Y. J., Shahidi, F., & Kim, S. K. (2000). Preparation of chitin and chitosan oligomers and their applications in physiological functional foods. *Food Reviews International*, 16(2), 159-176.
38. Kofuji, K., Qian, C. J., Nishimura, M., Sugiyama, I., Murata, Y., & Kawashima, S. (2005). Relationship between physicochemical characteristics and functional properties of chitosan. *European Polymer Journal*, 41(11), 2784-2791.

39. Islam, S., Bhuiyan, M. R., & Islam, M. N. (2017). Chitin and chitosan: structure, properties and applications in biomedical engineering. *Journal of Polymers and the Environment*, 25, 854-866.
40. Leceta, I., Guerrero, P., & De La Caba, K. (2013). Functional properties of chitosan-based films. *Carbohydrate polymers*, 93(1), 339-346.
41. Li, Q., Dunn, E. T., Grandmason, E. W., & Goosen, M. F. (2020). Applications and properties of chitosan. In *Applications of Chitan and Chitosan* (pp. 3-29). CRC Press.
42. Mahmoud, M. G., El Kady, E. M., & Asker, M. S. (2019). Chitin, chitosan and glucan, properties and applications. *World Journal of Agriculture and Soil Science*, 3(1), 1-19.
43. Донцова, І. В., & Лебединець, В. Т. (2020). Продовольча сировина тваринного походження: класифікація, властивості та використання. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, (23), 121-127.
44. Borodai, V., Subin, O., & Likhanov, A. (2020). Дослідження антимікробної дії хітозану та біологічно активних композицій на його основі. *Науковий журнал «Біологічні системи: теорія та інновації»*, 11(4), 18-25.
45. Zahoorullah S.M., Dakshayani L., Rani A.S. and Venkateswerlu G. Effect of chitosan coating on the physicochemical characteristics of brinjal quality during storage *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*. 2017. Vol. 13(3). P.1–9.
46. Gianfranco R., Feliziani E., Sivakumar D. Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: Eliciting, antimicrobial and film-forming properties. *Front Microbiology*. 2018. Vol.9. P.2745. doi: 10.3389/fmicb.2018.02745.
47. Василюшина О.В. Оптимізація зберігання плодів вишні з попередньою обробкою розчином хітозану. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. №3(103). С.80–87.
48. Самусенко Ю. В. Хітозан і здоров'я людини / Ю. В. Самусенко // *Здоров'я людини: теоретичні, практичні та методичні аспекти*. Матеріали

Всеукраїнської науково-практичної конференції / За загальною редакцією проф. М.В. Гриньової. - Полтава: Астроя, 2015. - С. 119-121.

49. Самусенко Ю.В., Хоценко О.А. Хітозан і його застосування в медицині / Полтава : ТОВ "Видавництво "ІнтерГрафіка", 2010. - 32 с.

50. Використання гідроколоїдів в харчовій промисловості [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. Т. П. Фесун] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. – 236 с.

51. Інноваційні харчові інгредієнти у технологіях молочних та молоковмісних продуктів : підручник / Г. Є. Поліщук, О. В. КочубейЛитвиненко, Т. Г. Осьмак, О. О. Басс ; за ред Г. Є. Поліщук ; Національний університет харчових технологій. – Київ : НУХТ, 2020. – 195 с.

52. Годовиченко, О. Г. Застосування вітчизняних стабілізаційних систем у технологіях молочних продуктів / О. Г. Годовиченко, Т. М. Мазур // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 10. – С. 55–58.

53. Хітозани: теорія, методологія, технологія застосування в рослинництві : монографія / В. В. Теслюк та ін. ; Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Київ : Компринт, 2017. – 214 с.

54. Сидоренко, О. В., & Петрова, О. О. (2020). технологія концентрату харчового «Порошок креветковий». In *Підприємництво, торгівля, маркетинг: стратегії, технології та інновації* [Електронне видання]: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 27 травня 2020 р.)/відп. ред. АА Мазаракі. –Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2020.–257 с. (р. 247).

55. Пешук, Л. В., Горбач, О. Я., Радзієвська, І. Г., & Іванова, Т. М. (2018). Дослідження властивостей сосисок подовженого терміну зберігання з включенням лейцину та хітозану. *Харчова промисловість*, (24), 62-69.

56. Менчинська, А. А., Іванюта, А. О., & Пилипчук, О. С. (2022). Технологія мусових продуктів із гідробіонтів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (1), 104-112.

57. Разанова, О. П., & Чудак, Р. А. (2019). Ефективність використання у тваринництві біологічно активних добавок на основі підмору бджіл. Вінниця: РВВ



ВНАУ, 2018.-138 с./Друкується за рішенням ВР ВНАУ (Протокол№ 15 від 26.06. 2018 р.).

58. Ільдїрова, С. К., & Стїборовський, С. Е. (2009). Використання інулін-хітозанового комплексу (ХІК) у виробництві виробів з дріжджового тіста. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], (36 (1)), 150-153.

59. Донцова, І. В., & Лебединець, В. Т. (2020). Продовольча сировина тваринного походження: класифікація, властивості та використання. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, (23), 121-127.

60. Ghoshal, G., & Mehta, S. (2019). Effect of chitosan on physicochemical and rheological attributes of bread. *Food Science and Technology International*, 25(3), 198-211.

61. Lee, H. Y., Kim, S. M., Kim, J. Y., Youn, S. K., Choi, J. S., Park, S. M., & Ahn, D. H. (2002). Effect of addition of chitosan on improvement for shelf life of bread. *Journal of the Korean society of food science and nutrition*, 31(3), 445-450.

62. Kerch, G., Rustichelli, F., Ausili, P., Zicans, J., Meri, R. M., & Glonin, A. (2008). Effect of chitosan on physical and chemical processes during bread baking and staling. *European Food Research and Technology*, 226, 1459-1464.

63. Kerch, G., Zicans, J., & Meri, R. M. (2010). The effect of chitosan oligosaccharides on bread staling. *Journal of cereal science*, 52(3), 491-495.

64. Lee, H. Y., Kim, S. M., Kim, J. Y., Youn, S. K., Choi, J. S., Park, S. M., & Ahn, D. H. (2002). Changes of quality characteristics on the bread added chitosan. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 34(3), 449-453.

65. Lafarga, T., Gallagher, E., Walsh, D., Valverde, J., & Hayes, M. (2013). Chitosan-containing bread made using marine shellfishery byproducts: Functional, bioactive, and quality assessment of the end product. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(37), 8790-8796.

66. Silva, H. A., Paiva, E. G., Lisboa, H. M., Duarte, E., Cavalcanti-Mata, M., Gusmão, T., & de Gusmão, R. (2020). Role of chitosan and transglutaminase on the elaboration of gluten-free bread. *Journal of food science and technology*, 57, 1877-1886.

67. Knorr, D. (1982). Functional properties of chitin and chitosan. *Journal of Food Science*, 47(2), 593-595.

68. Хацевич О.М., Складанюк М.Б. Хімія та аналіз харчових продуктів: Лабораторний практикум. – Навчально-методичний посібник. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2019. – 105 с.

69. Дробот, В.І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв.: навч. посіб. / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, О. А. Білик та ін. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.

70. Чигвінцева О.П., Токар А.В. Харчова хімія: Навчальний посібник. Дніпропетровськ: ТОВ «Принтхаус Римм», 2014. 256 с.

71. Євтушенко, О. В. Узагальнення рекомендацій щодо вдосконалення системи управління охороною праці для підприємств харчової промисловості / О. В. Євтушенко, А. О. Сірик // Нові ідеї в харчовій науці - нові продукти харчової промисловості : міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій, 13-17 жовтня 2014 р. – К. : НУХТ, 2014. – С. 678.

72. Євтушенко, О. В. Підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків травмування : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.26.01 – охорона праці / О. В. Євтушенко; ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», – К., 2014. – 20 с.

73. Охорона праці: лабораторний практикум / М. Д. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. К.: Основа, 1998. 224 с.

74. Павленко О.С. Методичні рекомендації до виконання розділу «Організаційно-економічна частина» дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Харчові технології» зі спеціальності 181 «Харчові технології» денної та заочної форми навчання. Дніпро: ДДАЕУ. 2020. 40 с.